



**INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

ESCOM

Trabajo Terminal

**“Prototipo de Aplicación Web para el Apoyo en la
Caligrafía de los Alumnos de primer grado de
Primaria, mediante una Técnica de Inteligencia
Artificial” P.A.L.A.L.A**

2023-B048

Presentan

Díaz Matus Ricardo

González Morelos César Emiliano

López Gracia Angel Emmanuel

Directores

Ariel López Rojas

Verónica Agustín Domínguez

Diciembre 2023



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



No. De TT: 2023-B048

18-Diciembre-2023

Documento Técnico

“Prototipo de Aplicación Web para el Apoyo en la Caligrafía de los Alumnos de primer grado de Primaria, mediante una Técnica de Inteligencia Artificial” P.A.L.A.L.A

Presentan
Díaz Matus Ricardo
Gonzales Morelos César Emilio
López Gracia Angel Emmanuel

Directores

M. en C. Verónica Agustín Domínguez

M. en C. Ariel López Rojas

Resumen

El presente documento 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 Primaria¹

¹ rdiazm1500@alumno.ipn.mx, cgonzalezm1602@alumno.ipn.mx, alopezg1912@alumno.ipn.mx

CARTA RESPONSIVA

Que otorga visto bueno y avala la conclusión de documentación del Trabajo Terminal bajo los lineamientos establecidos por la Comisión Académica de Trabajos Terminales (CATT)

CDMX, a 18 de Diciembre de 2023

**M. EN C. ANDRÉS ORTIGOZA CAMPOS
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DE TRABAJOS TERMINALES
P R E S E N T E**

EN ATENCIÓN A:
M. EN E. ELIA TZINDEJHÉ RAMÍREZ MARTÍNEZ
SECRETARIA EJECUTIVA

Por medio de la presente, se informa que el Trabajo Terminal Núm. **2023-B048**

Que lleva por título: **Prototipo de Aplicación Web para el Apoyo en la Caligrafía de los Alumnos de primer grado de Primaria, mediante una Técnica de Inteligencia Artificial**.

Fue concluido satisfactoriamente por:

**Díaz Matus Ricardo
González Morelos César Emiliano
López Gracia Angel Emmanuel**

Se avala que la documentación entregada mediante discos en formato DVD fue **revisada de manera precisa y exhaustiva** con el propósito de asegurar que los avances desarrollados bajo la supervisión de quien o quienes suscriben, hayan cumplido con lo planteado en el protocolo original, así como en lo establecido por el Documento Rector de Operación y Evaluación para los Trabajos Terminales de la ESCOM.

**ATENTAMENTE
“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”**

M. en C. Verónica Agustín Domínguez

M. en C. Ariel López Rojas

ADVERTENCIA

- “Este informe contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto su uso queda restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan”
- La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da a lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.
- Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:
- En la subdirección académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Avenida Juan de Dios Bátiz s/n. Teléfono: 5729 6000, extensión 52000.

Índice General

Introducción.....	15
Capítulo 1. Planteamiento.....	16
1.1. Contexto de trabajo.....	16
1.2. Problemática	16
1.3. Justificación.....	18
1.4. Solución propuesta	19
1.5. Objetivo	19
1.6. Estado del Arte	20
Capítulo 2. Marco Teórico.....	23
2.1. Caligrafía	23
2.2. Tipos de Caligrafía	24
2.2.1. Tipografía Cursiva	24
2.2.2. Tipografía Script o Molde.....	24
2.3. Aplicaciones Web.....	24
2.3.2. Tipos de Aplicaciones.....	25
2.3.2.1. Aplicación de Escritorio.....	25
2.3.2.2. Aplicación Móvil.....	25
2.3.2.3. Aplicación Web Estática	26
2.3.2.4. Aplicación Web Dinámica	26
2.3.2.5. Aplicación Web E-Commerce	26
2.3.2.6. Aplicación Web de una Sola Página	26
2.3.2.7. Aplicación Web Progresiva.....	26
2.3.2.8. Aplicación Web Portal	26
2.3.2.9. Aplicación Web con Gestor de Contenido.....	27
2.3.2.10. Aplicación Web Animada	27
2.3.2.11. Aplicación de Internet Enriquecida.....	27
2.3.3. Arquitectura	27
2.3.3.1. Arquitectura Punto a Punto	27
2.3.3.2. Arquitectura Monolítica	27
2.3.3.3. Arquitectura Cliente Servidor	28
2.3.3.4. Arquitectura Distribuidos.....	28
2.4. Inteligencia Artificial.....	28
2.4.1. Preceptos	28

2.4.2.	Técnicas de Inteligencia Artificial	30
2.4.2.1.	Razonamiento	30
2.4.2.1.1.	Búsqueda en espacios de estados.....	30
2.4.2.1.2.	Sistemas expertos	31
2.4.2.2.	Aprendizaje	31
2.4.3.	Campos de aplicación y ejemplos remarcables	34
2.4.4.	Ética y Marco Legal en la Inteligencia Artificial.....	36
2.4.5.	Ánalisis detallado de las redes neuronales artificiales	37
2.4.5.1.	Perceptrón.....	37
2.4.5.2.	Sistemas multicapa.....	37
2.4.5.3.	Función de activación.....	38
2.4.5.4.	Selección de parámetros	41
2.4.5.5.	Redes neuronales artificiales especializadas	42
2.4.5.6.	Funciones de costo	46
2.5.	Computación en la Nube	47
2.5.1.	Principales modelos de servicio de la computación de la nube	47
2.5.2.	Modelos de implementación en la nube	48
Capítulo 3. Análisis del Prototipo de Aplicación Web	49	
3.1.	Historias del Usuario	49
3.2.	Reglas de Negocio	53
3.3.	Análisis de requisitos.....	53
3.3.1.	Requisitos funcionales	54
3.3.2.	Requisitos no funcionales	57
3.4.	Metodología.....	58
3.5.	Diseño Conceptual de la Base de Datos	59
3.5.1.	Descripción de Requisitos	59
3.5.2.	Diagrama Entidad-Relación.....	64
3.6.	Diagrama de Caso de Uso	65
3.7.	Diagramas de Secuencia	66
3.7.1.	Diagramas de Secuencia Usuario (Alumnos)	66
3.7.2.	Diagramas de Secuencia Usuario (Profesor)	70
3.7.3.	Diagramas de Secuencia Usuario (Invitado)	71
3.8.	Diagrama de Estados	72
3.9.	Tablero de Asana de Diagrama de Actividades.....	72

3.10.	Factibilidad	74
3.10.1.	Factibilidad técnica	74
3.10.2.	Factibilidad operativa.....	85
3.10.3.	Factibilidad económica	86
3.11.	Análisis de riesgos	89
3.12.	Estrategias para mitigar, monitorear y manejar el riesgo	93
Capítulo 4. Diseño.....		95
4.1.	Descripción de los Incrementos.....	95
4.1.1	Descripción de los Incrementos mediante Historias de Usuario	97
4.2	Arquitectura del Prototipo de Aplicación Web	102
4.3	Arquitectura del módulo de inteligencia artificial	103
4.3.1	Preprocesado	103
4.3.2	Red neuronal convolucional	105
4.3.3	Dataset de entrenamiento.....	108
4.4	Diagrama Lógico de la Base de Datos.....	118
4.5	Bocetos del Prototipo de Aplicación Web.....	119
4.6	Diseño Isotipo.....	132
Capítulo 5. Implementación y Pruebas		133
5.1	Implementación del Prototipo de Aplicación Web	133
5.1.1	Módulo de Pantalla de Bienvenida/Principal	135
5.1.2	Módulo de Registro de la Cuenta del Usuario	136
5.1.3	Módulo de Inicio de Sesión.....	137
5.1.4	Módulo de Subir y Control de Ajuste de la imagen de la Plantilla de los Trazos.....	138
5.1.5	Módulo de Unirse a un Grupo.....	139
5.1.6	Módulo de Contenido Multimedia.....	140
5.1.7	Módulo de Creación de Grupos de Alumnos	141
5.1.8	Módulo de Retroalimentación de los trazos de los Alumnos	142
5.2	Implementación del Backend	143
5.2.1	Servicio web	143
5.2.2	Implementación de la inteligencia artificial	146
5.2.2.1	Codificación	146
5.2.2.2	Preprocesado de imágenes.....	147
5.2.2.3	Dataset y ajuste de hiperparámetros	150
5.3	Despliegue del Back-End	153

5.3.1 Servicio web	153
5.3.2 Base de datos	155
5.4 Despliegue del Prototipo de Aplicación Web	156
5.5 Pruebas	158
5.5.1 Pruebas Unitarias.....	158
5.5.2 Pruebas de Rendimiento Web y latencia (Inteligencia artificial).....	168
5.5.3 Pruebas de Estrés.....	174
5.5.4 Pruebas de Caja Negra	175
Conclusiones.....	178
Trabajo a Futuro	180
Referencias	181
Anexos.....	187
3.7 Diagrama de Secuencia	187
3.7.1 Diagramas de Secuencia Usuario (Alumno).....	187
3.7.2 Diagramas de Secuencia Usuario (Profesor)	188
3.7.3 Diagrama de Secuencia Usuario (Invitado)	192
3.12 Fichas de Información de Riesgos.....	194
4.3.3 Encuesta Cuestionario.....	198
4.5 Bocetos de la Aplicación Web	201
Términos Y Condiciones.....	211
Aviso de Privacidad	215
Política de Cookies.....	217
Acerca de Nosotros / ¿Quiénes Somos?	218
Preguntas Frecuentes	219
Dataset de entrenamiento	221
Dataset de pruebas	222
Resultados de evaluación de modelos de redes neuronales	223
Cronograma de Actividades.....	228

Índice de Figuras

Figura 1.2.1 Árbol de Problemas, elaboración propia	17
Figura 1.4.1 Arquitectura a la Solución Propuesta, elaboración propia	19
Figura 2.4.1.1 Arquitectura General de los Sistemas de Inteligencia Artificial	29
Figura 2.4.5.1.1 Representación del perceptrón, elaboración propia	37
Figura 2.4.5.3.1 Visualización de la función de activación binaria, elaboración propia.....	39
Figura 2.4.5.3.2 Visualización de la función de activación lineal rectificada, elaboración propia	39
Figura 2.4.5.3.3 Visualización de la función de activación sigmoide, elaboración propia ..	40
Figura 2.4.5.5.1 Acotaciones para las visualizaciones de las arquitecturas mencionadas en la tabla 2.4.5.5.3	45
Figura 2.5.1.1 Principales modelos de servicio de la computación de la nube	48
Figura 3.4.1 Diagrama Modelo Iterativo e Incremental	58
Figura 3.5.6.1 Diagrama Entidad-Relación, elaboración propia	64
Figura 3.8.1 Diagrama de Estados, elaboración propia	72
Figura 3.9.1 Diagrama de Actividades, elaboración propia para 08 de marzo de 2023.....	73
Figura 4.2.1 Arquitectura del Prototipo de Aplicación Web, elaboración propia	102
Figura 4.3.1.1. Muestra de escritura de 3 alumnos de 1er año de primaria en hoja de cuadrícula de 5mm.....	103
Figura 4.3.1.2 Bosquejo de plantilla para usuarios	104
Figura 4.3.3.1 Arquitectura LeNet-5 para imágenes a escalas de grises [41]	105
Figura 4.3.3.1 Porcentajes del tipo de caligrafía enseñada por los encuestados	109
Figura 4.3.3.2 Porcentajes de un plan de estudios para el desarrollo y práctica de la caligrafía	110
Figura 4.3.3.3 Porcentajes de haber recibido enseñanza de caligrafía en prescolar o primaria	110
Figura 4.3.3.4 Porcentajes de opinión de considerar efectiva la enseñanza de caligrafía en prescolar o primaria	111
Figura 4.3.3.5 Porcentajes de la enseñanza de caligrafía en el nivel prescolar o primaria influye actualmente en la caligrafía de las personas participantes	112
Figura 4.3.3.6 Porcentajes de nivel de interés de parte de los profesionales del área pedagógica y educación básica primaria en mejorar su caligrafía.	113
Figura 4.3.3.7 Porcentajes de opinión donde una aplicación web, puede favorecer en la mejora de la caligrafía en alumnos de educación básica primaria.	114
Figura 4.3.3.8 Porcentajes de tiempo que un niño debería dedicar en practicar su caligrafía a la semana	115
Figura 4.3.3.9 Porcentajes de evaluación de la fuente Zaner-Blaser.....	116
Figura 4.3.3.10 Porcentajes de evaluación de la fuente Arial	116
Figura 4.3.3.11 Porcentajes de evaluación de la fuente Italic	117
La <i>Figura 4.4.1</i> representa el diagrama normalizado que se obtuvo del análisis del diagrama entidad-relación elaborado en el capítulo de Análisis del Prototipo de Aplicación Web, sección 3.5.	118
Figura 4.4.1 Diagrama del Modelo Relacional de P.A.L.A.L.A., elaboración propia	118

Figura 4.5.1 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Login, elaboración propia	120
Figura 4.5.2 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Registro de Alumno, elaboración propia	121
Figura 4.5.3 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Registro de Profesor, elaboración propia	122
Figura 4.5.4 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta al Panel del menú correspondiente al Profesor, elaboración propia	123
Figura 4.5.5 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Inicio, elaboración propia	123
Figura 4.5.6 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Red Neuronal, elaboración propia	124
Figura 4.5.7 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta de Error 404, elaboración propia.....	124
Figura 4.5.8 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Login, elaboración propia	125
Figura 4.5.9 Vista para dispositivos móviles de la maqueta de Registro Alumno, elaboración propia.....	126
Figura 4.5.10 Vista para dispositivos móviles de la maqueta de Registro Profesor, elaboración propia	127
Figura 4.5.11 Vista para dispositivos móviles al Panel del menú correspondiente al Profesor, elaboración propia	128
Figura 4.5.12 Vista para dispositivos móviles del Panel correspondiente al Profesor, elaboración propia	129
Figura 4.5.13 Vista para dispositivos móviles del Panel correspondiente al Alumno, menú, elaboración propia	130
Figura 4.5.14 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Inicio, elaboración propia	131
Figura 4.6.1 Diseño del Isotipo del Prototipo de Aplicación Web P.A.L.A.L.A, elaboración propia.....	132
Figura 5.1.1 Archivos .jsx de las Páginas Trabajas del Front-End.....	134
Figura 5.1.1.1 Pantalla de Bienvenida/Principal, elaboración propia.	135
Figura 5.1.2.1 Pantalla de Registro de la Cuenta del Usuario, elaboración propia.	136
Figura 5.1.3.1 Pantalla de Inicio de Sesión, elaboración propia.	137
Figura 5.1.4.1 Pantalla de Subir la imagen de la Plantilla de los Trazos, elaboración propia.	138
Figura 5.1.4.1 Pantalla de Control de Ajuste de la imagen de la Plantilla de los Trazos, elaboración propia	138
Figura 5.1.5.1 Pantalla de Contenido Multimedia, elaboración propia.	139
Figura 5.1.6.1 Pantalla de Contenido Multimedia, elaboración propia.	140
Figura 5.1.7.1 Pantalla de Creación de Grupos de Alumnos, elaboración propia.....	141
Figura 5.1.8.1 Pantalla de Retroalimentación de los trazos de los Alumnos, elaboración propia.	142
Figura 5.2.1.1 Rutas del CRUD del alumno, profesor, archivos y clases del Código de la API	143

Figura 5.2.1.2 Código de autenticaciones de los usuarios registrados.....	145
Figura 5.2.2.1.1 Archivos generados para el funcionamiento de la inteligencia artificial .	146
Figura 5.2.2.2.1 Versión final de la plantilla de escritura	147
Figura 5.2.2.2.2 Fotografía de plantilla impresa con letras generadas por computadora...	147
Figura 5.2.2.2.3 Código de validación de la imagen.....	148
Figura 5.2.2.2.4 Secuencia de ajuste de la imagen en un rectángulo	149
Figura 5.2.2.2.5 Preprocesado de un fragmento de la plantilla, así como su resultado.....	150
Figura 5.3.1.1 Dashboard de Palala en Render.....	153
Figura 5.3.1.2 Shell remota y métricas del servidor.....	154
Figura 5.3.2.1 Código de las tablas alumno, profesor, grupo y archivo del archivo DB.sql	155
Figura 5.3.2.2 Dashboard de Palala en elephantsql.com	155
Figura 5.4.1 Pantalla de Inicio de Cloudflare.....	156
Figura 5.4.2 Pantalla de Overview en Cloudflare.	156
Figura 5.4.3 Pantalla de Configuración de Dominio en Cloudflare.	157
Figura 5.5.1.1 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Student API”.....	160
Figura 5.5.1.2 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Professor API”.....	162
Figura 5.5.1.3 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Grupo API”.....	163
Figura 5.5.1.4 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Archivo API”.....	165
Figura 5.5.1.5 Resultados en Despliegue de las Pruebas Unitarias de manera local	166
Figura 5.5.1.6 Resultados de las Pruebas Unitarias en Proceso de pruebas del cliente al servidor, en conjunto de la base de datos en la nube	167
Figura 5.5.2.1. Resultados de Prueba de Rendimiento Web, según gtmetrix.	171
Figura 5.5.2.2. Resultados Prueba de velocidad de la Aplicación Web por Pingdom	172
Figura 5.5.2.3. Resultados Prueba de velocidad de la Aplicación Web por GTmetrix	173
Figura 5.5.2.4 Tiempo de respuesta del servidor para procesar una plantilla	173
Figura 5.5.3.1 Pruebas de estrés en el servidor de Render	174
Figura 5.5.4.1 Trazado de Plantillas del Niño “A”.....	175
Figura 5.5.4.2 Trazado de Plantillas del Niño “B”.....	175
Figura 5.5.4.3 Trazado de Plantillas del Niño “C”	176
Figura 5.5.4.4 Trazado de Plantillas del Niño “D”.....	176
Figura 5.5.4.5 Resultados de una prueba de caja negra (Niño E).....	176
Figura 5.5.4.6 Resultados de una prueba de caja negra (Niño E).....	177
Figura 4.5.15 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta de Registro Principal, elaboración propia	201
Figura 4.5.16 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel correspondiente al Profesor, visualización de alumnos, elaboración propia	202
Figura 4.5.17 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Ejercicios, elaboración propia.....	203
Figura 4.5.18 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Archivos, elaboración propia	204
Figura 4.5.19 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Login, primera sección, elaboración propia	205
Figura 4.5.20 Vista para dispositivos móviles de la maqueta de Registro Principal, elaboración propia	206

Figura 4.5.22 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Red Neuronal, elaboración propia	208
Figura 4.5.23 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Ejercicios, elaboración propia.....	209
Figura 4.5.24 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Archivos, elaboración propia.....	210

Índice de Tablas

Tabla 1.6.1 Aplicaciones similares disponibles en el mercado, elaboración propia	20
Tabla 1.6.2 Resumen de Aplicaciones Similares, elaboración propia.....	21
Tabla 2.4.3.1 Comparación de algunos ejemplos notables de la Inteligencias Artificiales, elaboración propia con base a la información en Forbes.....	35
Tabla 2.4.5.5.1 Comparación entre diferentes tipos de redes neuronales artificiales [30]...	42
Tabla 2.4.5.5.2 Arquitecturas más comunes de redes neuronales convolucionales [31]	43
Tabla 2.4.5.5.3 Visualización de las arquitecturas más comunes de redes neuronales convolucionales [31].....	44
Tabla 2.4.5.6.1 Funciones de costo usadas para redes neuronales artificiales [32]	46
Tabla 3.2.1. Reglas del Negocio.....	53
Tabla 3.3.1.1 Requisitos Funcionales del Frontend	54
Tabla 3.3.1.2 Requisitos Funcionales del Backend	56
Tabla 3.3.2.1 Requisitos No Funcionales	57
Tabla 3.10.1.1 Esquema comparativo de los principales Entornos de Desarrollo posibles para trabajar	75
Tabla 3.10.1.2 Cuadro comparativo de las Herramientas para la creación de Aplicaciones Web.....	76
Tabla 3.10.1.3 Comparativa de los gestores de bases de datos	77
Tabla 3.10.1.4 Comparativa de los Servidores de Nube existentes.....	78
Tabla 3.10.1.5 Cuadro Conceptual de las Técnicas de Inteligencia Artificial existentes....	80
Tabla 3.10.1.6 Tecnologías para el desarrollo de servidor web	81
Tabla 3.10.1.7 Esquema Gráfico Herramientas para el desarrollo del Trabajo Terminal	82
Tabla 3.10.1.8 Especificaciones Computadora (Laptop) Ricardo Díaz Matus	83
Tabla 3.10.1.9 Especificaciones Computadora (Laptop) César Emiliano González Morelos	83
Tabla 3.10.1.10 Especificaciones Computadora (Laptop) Angel Emmanuel López Gracia	83
Tabla 3.10.2.1 Resumen de días para el desarrollo del Trabajo Terminal.	85
Tabla 3.10.3.1 Estimación de costos para herramientas de software	86
Tabla 3.10.3.2 Costo de los Equipos necesarios para el desarrollo del Trabajo Terminal... <td>87</td>	87
Tabla 3.10.3.3 Costo de los Servicios	87
Tabla 3.10.3.4. Sueldo requerido.....	88
Tabla 3.10.3.5. Resumen de costos para llevar a cabo el Trabajo Terminal	88
Tabla 3.11.1 Análisis de Riesgos	89
Tabla 3.11.2. Probabilidad de impacto de riesgo.	92
Tabla 3.12.1. Ficha de Información de Riesgo R-01.....	93
Tabla 3.12.2. Ficha de Información de Riesgo R-04.....	94
Tabla 3.12.3. Ficha de Información de Riesgo R-07.....	94
Tabla 4.1.1. Cronograma de actividades con sus respectivos responsables	96
Tabla 4.3.3.1 Distribución de entradas con salidas de la convolución en C3 [41]	106
Tabla 5.2.2.3.1 Comparación de hiperparámetros para la red neuronal	151
Tabla 5.2.2.3.2 Evaluación de los modelos entrenados con 3 tipos distintos de entradas .	152
Tabla 5.5.1.1. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “POST/créate-student”	158
Tabla 5.5.1.2. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “GET /get-student/:id_alumno”	158

Tabla 5.5.1.3. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “GET ALL /all-students”	159
Tabla 5.5.1.4. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “PUT /put-student/:id_alumno”	159
Tabla 5.5.1.5. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “DELETE /delete-student/:id_alumno”	159
Tabla 5.5.1.6. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “POST/crear- professor”.....	160
Tabla 5.5.1.7. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “GET /get-professor/:id_profesor”	160
Tabla 5.5.1.8. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “GET ALL /get-professors” .	161
Tabla 5.5.1.9. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “PUT /put-professor/: id_profesor”	161
Tabla 5.5.1.10. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “DELETE /delete- professor/:id_profesor”	161
Tabla 5.5.1.11. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “POST//creacion-clase”.....	162
Tabla 5.5.1.12. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “GET ALL /muestra-clases-prof”	162
Tabla 5.5.1.13. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “PUT /actualizar-nombre-grupo”	163
Tabla 5.5.1.14. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “DELETE /eliminar-grupo”	163
Tabla 5.5.1.15. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “POST /guardar-archivo”	164
Tabla 5.5.1.16. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “GET ALL /muestra-archivos”	164
Tabla 5.5.1.17. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “PUT /actualizar-archivo”	164
Tabla 5.5.1.18. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “DELETE /eliminar-archivo”	165
Tabla 3.12.4. Ficha de Información de Riesgo R-02.....	194
Tabla 3.12.5. Ficha de Información de Riesgo R-03.....	194
Tabla 3.12.6. Ficha de Información de Riesgo R-05.....	195
Tabla 3.12.7. Ficha de Información de Riesgo R-06.....	195
Tabla 3.12.8. Ficha de Información de Riesgo R-08.....	195
Tabla 3.12.9. Ficha de Información de Riesgo R-09.....	196
Tabla 3.12.10. Ficha de Información de Riesgo R-10.....	196
Tabla 3.12.11. Ficha de Información de Riesgo R-11.....	197
Tabla 3.12.12. Ficha de Información de Riesgo R-12.....	197

Índice de Ecuaciones

Ecuación 2.4.5.2.1 Algoritmo de retropropagación.....	38
Ecuación 2.4.5.3.1 Función de activación binaria [17]	38
Ecuación 2.4.5.3.2 Función de activación lineal rectificada [17].....	39
Ecuación 2.4.5.3.3 Función de activación sigmoide [17].....	40
Ecuación 2.4.5.3.4 Función de activación Softmax [27].....	40

Introducción

El presente Trabajo Terminal, documenta el prototipo de aplicación web el cual se menciona en la portada. Éste escrito está las seccionado en Capítulos, tal como se describe a continuación.

Capítulo 1. En el presente capítulo refiere al planteamiento del problema a resolver y su contexto en el cual interactúa, pasando por una justificación del porque se eligió dicho problema, una solución propuesta de varias existentes, el alcance del objetivo general y los 3 objetivos específicos. Asimismo, la Indagación del Estado del Arte.

Capítulo 2. En esta sección del capítulo, se plasmó la investigación de todos aquellos conceptos que intervienen para la solución del Planteamiento del Problema, tal como es la Caligrafía y los tipos que existen; las Aplicaciones Web, los distintos derivados y las arquitecturas que se manejan; de igual modo los conceptos fundamentales para entender el campo de la Inteligencia Artificial, los enfoques de la Inteligencia Artificial más importantes como lo son el Razonamiento y el Aprendizaje, el Análisis detallado de las redes neuronales, la Ética y Marco Legal; y por último, la Computación en la Nube.

Capítulo 3. En este apartado del capítulo, se abordó todo el Análisis del Prototipo de Aplicación Web a implementar, la descripción de historias de usuario, definición de las reglas de negocio, el análisis de requisitos funcionales y no funcionales, la Metodología a seguir, el Diseño Conceptual de la Base de Datos, la elaboración de los Diagramas UML, el estudio de la Factibilidad, técnica, operativa y económica, y el Análisis de Riesgos.

Capítulo 4. En el presente capítulo, se elaboró la Descripción de los Incrementos definidos en la Metodología, la Arquitectura del Prototipo de Aplicación Web, el módulo de Inteligencia Artificial, como son la selección de fuentes, el preprocesado y el diseño de la Red Neuronal Convolutacional, como también el Modelo de la Base de Datos y los Bocetos del Prototipo de Aplicación Web.

Capítulo 5. En esta sección del capítulo, se llevó a cabo la Implementación, donde se explicarán los módulos más significativos que componen el Prototipo de Aplicación Web, junto con una breve descripción general de las pantallas presentes en la aplicación. Además, se abordará la parte fundamental del Backend que desempeña un papel crucial en el funcionamiento de la Aplicación Web. De igual manera, se plasmó las Pruebas de caja negra para verificar los requisitos funcionales propuestos, correspondientes del Prototipo en una escuela primaria de la Alcaldía Gustavo A. Madero.

1. Capítulo 1. Planteamiento

1.1. Contexto de trabajo

Durante el año 2020 el país se enfrentó a uno de los retos más grandes en su historia, la crisis sanitaria del COVID-19, desde aquel 27 de febrero del 2020, la manera de llevar a cabo nuestras vidas cambió drásticamente en la población mundial y paralelamente, dicha problemática trajo consigo una transformación en las vías de comunicación y aprendizaje, ocasionando la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). 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 [1].

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 en no tienen interés en dichas habilidades y, a largo plazo, a adultos no lectores y no escritores [2]. 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 [3].

1.2. Problemática

El marco lógico, también conocido como Metodología de Marco Lógico (MML) es una herramienta de gestión de proyectos usada en el diseño, planificación, ejecución y evaluación de proyectos. Fue desarrollada en 1969 por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) como respuesta a análisis de resultados de proyectos anteriores, donde se concluyó que había deficiencias y era necesario crear una herramienta para mejorar los resultados de futuros proyectos [4].

Para tener claridad de la situación problemática, se utilizó el árbol de problemas. Con esta herramienta, se conseguirá representar la situación problemática ubicando sus causas en las raíces, el conflicto central en el tronco y los efectos en las hojas.

En la Figura 1.2.1, se ilustra el Árbol de Problemas, ubicando como eje central el debilitamiento de la habilidad caligráfica en alumnos de primer grado de educación primaria en la Alcaldía Gustavo A. Madero de la Ciudad de México, que, con la expansión de innovación tecnológica en los últimos años, ha sido una problemática creciente día a día.

Para ello se establece la raíz de este problema con algunas causas, la mayoría de ellas se deben a problemas familiares y sociales, tales como la expansión en la innovación tecnológica, uso excesivo e incremento de las herramientas tecnológicas, debido al confinamiento ocasionado por la crisis sanitaria del 2020, rechazo a la escritura por falta de práctica, los padres o tutor no le ofrecen atención y tiempo suficiente para apoyarlo. Y a su vez, dichas causas tienen como efecto, no desarrollar las destreza y habilidades necesarias para su edad, dificultad de aprendizaje y estudio, ortografía deficiente, falta de comprensión lectora y autolectura, lenguaje inadecuado al expresarse e inestabilidad emocional, entre otros más.



Figura 1.2.1 Árbol de Problemas, elaboración propia

1.3. Justificación

La realización del prototipo tiene como primordial objetivo impactar de manera directa y benéfica al sector educativo primario; puesto que su principal población objetivo son alumnos de una escuela de la Alcaldía Gustavo A. Madero que estén cursando el primer grado de educación primaria y requieran de un recurso de apoyo confiable para el mejoramiento en la legibilidad de su caligrafía. El Prototipo de Aplicación Web posee como finalidad principal, ayudar y apoyar en generar y favorecer la claridad y legibilidad de la escritura en letras de tipo molde a los usuarios finales.

En el desarrollo del Prototipo de Aplicación Web para el apoyo de la caligrafía, se busca realizar la identificación y clasificación de los trazos de la letra de molde del abecedario español, mediante el uso de Técnicas de Inteligencia Artificial; estas son un sistema basado en el modelo computacional de aprendizaje automático homónimo. Se busca que sea una aplicación adaptativa, permitiendo visualizar la información y contenido de la mejor manera, siendo independiente del dispositivo con el cual se acceda.

Además, la aplicación plantea favorecer la práctica del texto escrito con alguna fuente particular consultada y recomendada por profesores que laboran en el nivel de educación, de la escuela primaria “*Bauhaus*” de la Alcaldía Gustavo A. Madero en la Ciudad de México, en dónde se realizará las pruebas de funcionamiento del prototipo.

Por consiguiente, el uso de técnicas de inteligencia artificial como objeto primordial de trabajo del prototipo, permitirá a la aplicación web ser replicable y reutilizable ante otro tipo de prácticas que conlleven a la agrupación de trazos o imágenes. El área de manejo en la clasificación de trazos permite migrar el prototipo de aplicación web a identificación de firmas electrónicas, autenticación de documentos, credenciales o reportes, validación de legibilidad de documentos, identificación de patrón de imágenes, entre otros proyectos de aplicación. De igual manera, existen distintos tipos que, en conjunto con la aplicación por desarrollar, posibilitan el trabajo a otras disciplinas del conocimiento técnico como el procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje automático, lingüística, lenguaje, traducción automática escrita o incluso visión artificial. Es un trabajo complejo en términos de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Con relación a los recursos que se cuentan para implementar la idea, es el equipo o talento humano, en este caso son tres integrantes, la proyección de tiempo de desarrollo trabajo es de 10 meses aproximadamente, las herramientas con las que se poseen equipos de escritorio, con un ISP (Proveedor de Servicios de Internet) y servicio de electricidad para su funcionamiento, como también, el antecedente necesario en conceptos e información de la caligrafía.

Asimismo, al desarrollar el Prototipo de Aplicación Web, se espera facilitar la tarea del docente al momento de revisar y dar seguimiento a la caligrafía del alumno, brindándole una herramienta de apoyo para mejorar su caligrafía y, por ende, su comprensión lectora y producción escrita.

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]

Por lo que refiere a 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 profesores a nivel Primaria en el ciclo 2020/2021 y para el ciclo 2021/2022, a 31,267 profesores [7].

1.4. Solución propuesta

La propuesta de solución a dicha problemática que se hace mención anteriormente es implementar un Prototipo de Aplicación Web, cuya Arquitectura se ilustra en la *Figura 1.4.1*, aquí se definen los Usuarios que y las acciones generales que ejecutarán dentro de la aplicación web, la cual se centrará en una herramienta de apoyo para favorecer el trazo de la letra tipo molde, mediante el Uso de Técnicas de Inteligencia Artificial, con objeto primordial en apoyar a alumnos de primer grado de educación primaria pública en mejora de la caligrafía, tomando como referencia la escuela primaria “*Bauhaus*” de la Alcaldía Gustavo A. Madero.

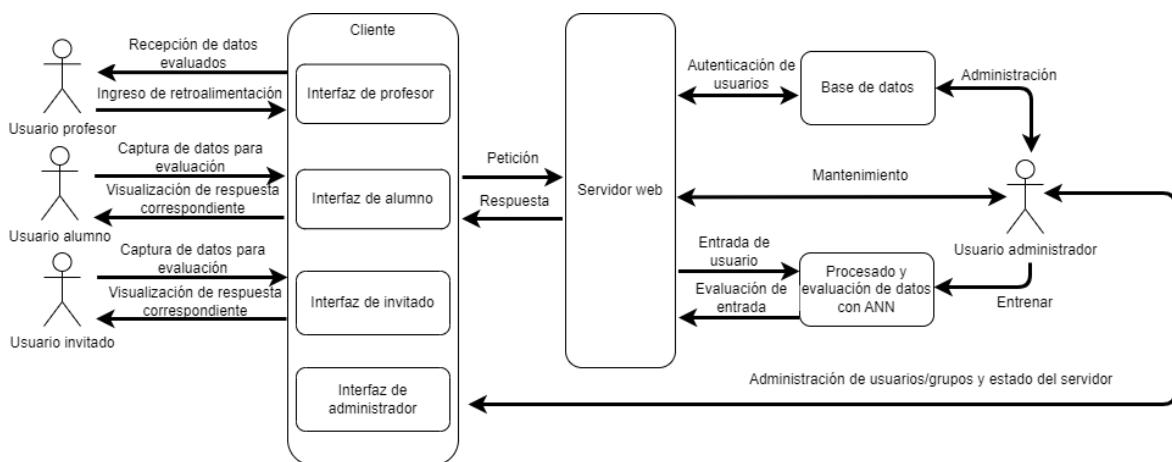


Figura 1.4.1 Arquitectura a la Solución Propuesta, elaboración propia

1.5. Objetivo

Desarrollar un Prototipo de Aplicación Web Responsivo alojado en la nube para el análisis de la caligrafía de las letras tipo molde, tanto mayúsculas como minúsculas de la lengua española en una hoja física, de alumnos de primer grado de Primaria, empleando técnicas de inteligencia artificial.

1.6. Estado del Arte

En esta sección se elaboró un recuento de las aplicaciones y sistemas que actualmente están disponibles y cuya función principal es proveer la mejora de la caligrafía, así como una descripción más detallada de estas aplicaciones.

Cabe mencionar, que existen software (aplicaciones móviles), tal como son **iWriteWord**, **LetterSchool** y **LazyDog**, poseen un enfoque similar en resolver la problemática planteada, ofreciendo la mejora en la caligrafía a un cierto público, donde la manera de practicar la escritura es forzosamente mediante un dispositivo móvil (smartphone o tableta). A pesar de que, dichas aplicaciones móviles sólo están disponibles para una plataforma, tal como es App Store, una tienda de aplicaciones móviles de la empresa Apple y el tener un costo para su descarga y uso. No está al alcance del público en general.

En la *Tabla 1.6.1*, se indica las aplicaciones y sistemas disponibles en el mercado, como también sus respectivas características que diferencian con el prototipo de aplicación web propuesto.

Tabla 1.6.1 Aplicaciones similares disponibles en el mercado, elaboración propia

Nombre del Aplicaciones	Gadget/ dispositivo electrónico	Contenido multimedia de progreso y evaluación de trazo	Alcance al público en general	Trazo de la letra en papel	Uso de Redes Neuronales Convolucionales /Perceptrones
iWriteWord	✓				
LetterSchool	✓		✓		
LazyDog	✓				
Reconocimiento de Caracteres Manuscritos En Línea Usando la Función Spline	✓				
Reconocimiento Dinámico y Estático de Trazos	✓				
Prototipo de Aplicación Web para el Apoyo en la Caligrafía en los Alumnos de 1ero de Primaria, mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales	✓	✓	✓	✓	✓

Por otra parte, en la *Tabla 1.6.2*, se indica los siguientes puntos: nombre de la aplicación, las características y el precio en el mercado de las distintas aplicaciones.

Tabla 1.6.2 Resumen de Aplicaciones Similares, elaboración propia.

Aplicaciones	Características	Precio en el Mercado
iWriteWord	<p>Enseña a los infantes a como escribir y trazar el alfabeto en una forma fácil y divertida mediante el seguimiento de un trazo, seguido por el tacto del infante, en la pantalla del dispositivo.</p> <p>Sistema Operativo disponible: Apple Store [8].</p>	\$3 dólares
LetterSchool	<p>Aplicación móvil que permite enseñar a infantes a trazar el alfabeto, palabras y números. Se realiza mediante el seguimiento de un trazo en la pantalla del dispositivo.</p> <p>Sistema Operativo disponible: Apple Store y Play Store [9].</p>	<p>\$3 dólares y Gratuita con funciones limitadas</p> <p>Versión completa a \$10 dólares</p>
LazyDog	<p>Permite la práctica de manuscritos clásicos. Mantiene un progreso individual del puntaje de acierto en la caligrafía. Descarga de plantillas de caligrafía gratuitas.</p> <p>Sistema Operativo disponible: Apple Store [10].</p>	\$3 dólares
Reconocimiento de Caracteres Manuscritos En Línea Usando la Función Spline	<p>Reconocimiento de caracteres de acuerdo con la realización de su trazo, teniendo los vectores característicos para cada carácter. El reconocimiento se realiza por medio de Redes Neuronales Artificiales, el método de interpolación de puntos con funciones Splines y el método de búsqueda del gradiente. Tiene una funcionalidad del 92.5% [11].</p>	No disponible

Reconocimiento Dinámico y Estático de Trazos	<p>Verificación de firmas estáticas, la verificación de firmas dinámicas y el reconocimiento de caracteres manuscritos en línea de tipo cursivo mediante Redes Neuronales a partir de una aproximación basada en funciones Spline y el método de búsqueda de gradiente descendente [12].</p>	No disponible
Prototipo de Aplicación Web para el Apoyo en la Caligrafía en los Alumnos de 1ero de Primaria, mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales	<p>Busca realizar el reconocimiento de caracteres manuscritos de tipo molde mediante el uso de una Técnica de Inteligencia Artificial; puntúa la caligrafía del escrito y posteriormente permite su práctica mediante la plantilla de caligrafía del texto.</p>	En fase de desarrollo

2. Capítulo 2. Marco TeóricoCaligrafía

Diversos autores señalan que la alfabetización se refiere al uso funcional, social y cognitivo de la lengua escrita, y que el proceso la hace posible inicia desde edades muy tempranas. Los proyectos adquieren, desde sus años preescolares, una serie de conocimientos les permiten el aprendizaje de la lectura y la escritura, a través de su interacción con una comunidad lingüística y letrada. [13].

Por ello, es fundamental pensar en las decisiones que pueden tomarse cuando sé es responsable de la enseñanza de la lectura y la escritura en el primer grado de primaria, porque es ahí donde están los primeros pasos que dan los alumnos en la institución escolar. Lo que hay que decidir es: "*primeros pasos hacia dónde [...]. En esta primera etapa se están construyendo las primeras relaciones entre los alumnos y los objetos de conocimiento tal como son presentados dentro de la escuela*" (*Galaburri, 2000*).

Para considerar que un infante fue educado de forma efectiva, un individuo necesitará saber leer coherentemente y escribir de manera legible. Desafortunadamente, infantes con problemas de aprendizaje, obtienen notas con índice reprobatorio, resultado de una escritura deficiente. *Sunday Oche, Emaikwu (2014)*, plantea que la escritura a mano no debe visualizarse como una actividad aislada o una actividad motriz, sino una actividad de lenguaje.

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 [14].

En consecuencia, 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.

Por esta razón, dicho ambiente forma a infantes que no tienen interés en dichas habilidades y, a largo plazo, a adultos no lectores y no escritores. 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 [3].

Otro aspecto importante por considerar, son los aprendizajes o saberes previos que se abordan/requieren en el Primer Año de Primaria, para ello se tuvo que consultar el *Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación* de Primer Año

de Primaria, donde las Competencias a Alcanzar, se nombran Aprendizajes Esperados, siendo los próximos puntos más relevantes:

- Guía a las y los estudiantes para que participen en la producción e interpretación de textos escritos a fin de identificar y utilizar, con tu ayuda, algunas convenciones relacionadas con la escritura; por ejemplo, la direccionalidad de la escritura, la relación entre grafías y sonidos y la segmentación entre palabras.
- Guía a las y los estudiantes para que conozcan diversos elementos de escritura; por ejemplo, letras, cifras, signos de puntuación, palabras, párrafos, páginas, hojas [15].
- Fomenta que las y los estudiantes practiquen la lectura y la escritura para compartir normas de convivencia; por ejemplo, dictar a otros, reescribir, uso de escrituras personales, leer con ayuda del docente, leer partes en las que tengan seguridad, seguir la lectura, etcétera [15].
- Valora los avances que las y los estudiantes van teniendo en la apropiación del sistema de escritura [15].
- Induce a las y los estudiantes para que observen y valoren la utilidad de su propia constancia en el ejercicio de la escritura, al revisar sus producciones escritas.
- Promueve y coordina que las y los estudiantes comparen su escritura (separación de palabras, forma y tamaño de letras, alineación, uso de mayúsculas y tildes, etcétera) al intercambiar textos con mismo contenido [15].

Por lo que refiere, un artículo publicado por el Centro Nacional para la Investigación Científica (**CNRS**) junto con la **Universidad de Washington**, donde se derivan estudios de neuroimagen realizados con objeto de identificar el área cerebral involucrada en la escritura a mano en adultos e infantes, indica que la escritura se basa en la participación de una red de estructuras cerebrales cuya participación e interconexión son específicas de la escritura de caracteres alfabéticos.

2.2. Tipos de Caligrafía

2.2.1. Tipografía Cursiva

Es un estilo de escritura cuya característica más común es la cursiva de sus letras, aunque no necesariamente su proximidad con cada palabra. Este estilo le permite escribir manualmente más rápido.

2.2.2. Tipografía Script o Molde

Esta fuente se identifica por ser aquellas en que las letras imitan a las generadas por una computadora o máquina de escribir. Se caracteriza por la falta de especificidades secundarias. Sólo contiene la parte básica que forma el esqueleto de cada letra, separada y sin adorno.

2.3. Aplicaciones Web

Una aplicación web es un tipo de software que su medio de ejecución es por medio de un navegador web, operando en Internet. Estas permiten comunicarse con usuarios cuando se necesiten de forma segura, donde sus datos son procesados y almacenados dentro de la web.

2.3.1. Usuarios en México

La Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares 2021, realizada y proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía junto con el Instituto Federal de Telecomunicaciones, estima que en 2021 había 88.6 millones de usuarios de Internet en México.

Por consiguiente, los grupos que concentró el mayor porcentaje de personas usuarias de Internet fue de 18 a 24 años con una participación del 93.4 por ciento; seguido por el grupo de 12 a 17 años y de 25 a 34 años, ambos con 90.0 por ciento. Seguidamente, se encontró a los usuarios de 34 a 44 años, registrando 82.7 por ciento. En cuarto puesto, lo encabeza el **grupo de 6 a 11 años con 71.7 por ciento**. Cada uno de estos porcentajes representan un segmento de la población total de cada grupo [5].

Conforme a la forma de conexión, 96.8 por ciento de las personas usuarias de Internet se conectaron a través de un dispositivo *smartphone*, 31.8 por ciento utilizando una computadora portátil y/o *Tablet*, 15.4 por ciento a través de un equipo de cómputo de escritorio, 25.7 por ciento a través de una *Smart TV* y 6.5 por ciento utilizaron consolas de videojuegos [5].

En definitiva, las entidades federativas con mayor índice de población usuaria de Internet con respecto a su población estatal la encabezan los siguientes estados: **Ciudad de México con 88.3 por ciento**, Baja California con 85.8 por ciento y Sonora con 85.8 por ciento [5].

2.3.2. Tipos de Aplicaciones

2.3.2.1. Aplicación de Escritorio

Es un software diseñado para ser instalado y ejecutado en una computadora de escritorio o portátil. La aplicación se instala en el sistema operativo de la computadora y se utiliza para realizar tareas específicas, como procesamiento de texto, edición de imágenes o manejo de bases de datos.

2.3.2.2. Aplicación Móvil

Es un programa informático diseñado para ser ejecutado en un dispositivo móvil, como un teléfono inteligente o una tableta. La aplicación se descarga e instala en el dispositivo y se utiliza para realizar diversas tareas, enviar mensajes, hacer compras en línea, jugar juegos, entre otras.

2.3.2.3. Aplicación Web Estática

Construida utilizando únicamente HTML, CSS y JavaScript para facilitar la exhibición de contenido e información significativa. Es la aplicación web más simple, debido a que sólo muestra contenido limitado y sin flexibilidad. No tienen personalización ni permite realizar cambios después de que la página está montada sobre un servidor; para ello se debe descargar, modificar y devolver código HTML. Permiten objetos animados como GIF, videos, etc.

2.3.2.4. Aplicación Web Dinámica

Ofrece datos en vivo en función de las solicitudes de los usuarios. En estas existen múltiples elementos de interacciones y métodos para llamar la atención del cliente sobre los servicios y productos proporcionados por la aplicación web. En este tipo de aplicación, se utilizan bases de datos para almacenar todos los datos privados y públicos que se visualicen dentro del sitio web. En su implementación, suelen contener paneles de administración para controlar las partes de *backend* y *frontend* que permiten modificar el contenido. Este tipo de aplicación web dinámica se crean utilizando varios lenguajes de programación.

2.3.2.5. Aplicación Web E-Commerce

Son aplicaciones web que promocionan productos o servicios directamente a sus clientes potenciales. Las características principales de este tipo de aplicación es incluir la adición de nuevos productos, remover productos, administrar pagos, facilitar pagos electrónicos y proveer de una interfaz accesible al entendimiento del usuario.

2.3.2.6. Aplicación Web de una Sola Página

Son un tipo de aplicación web dinámica que no requiere recargas del navegador y funciona como una sola unidad de una aplicación de sitio web. Son aplicaciones web rápidas y dinámicas; debido que implementan todas las estrategias comerciales y tecnológicas en el navegador del lado del cliente. Su comunicación se realiza en navegación asíncrona.

2.3.2.7. Aplicación Web Progresiva

Es aquella la cual incorpora algunas particularidades de las aplicaciones nativas para *smartphones* y tabletas. Las características principales consisten en un protocolo HTTPS encriptado, uno o varios trabajadores del servicio controlan la forma en que un navegador web maneja las solicitudes de red y almacenamiento en caché de activos, un archivo de manifiesto y tiempos de carga rápidos.

2.3.2.8. Aplicación Web Portal

Brinda puntos de acceso singulares a datos relevantes a un tipo particular de usuario. Es capaz de acceder a secciones diferentes desde la página principal. Los portales son de rápido desarrollo con interfaces personalizadas para satisfacer las necesidades de sus usuarios. Este arquetipo de aplicación sólo puede ser visitadas por usuarios registrados dentro del proveedor del servicio.

2.3.2.9. Aplicación Web con Gestor de Contenido

Es un tipo de aplicación web en donde su propietario es el único que puede modificar el contenido sin la necesidad de ser apoyado por un equipo técnico. Todo el contenido dentro de estas páginas puede ser modificado utilizando un panel de administración sin la necesidad de conocimientos de un lenguaje de programación.

2.3.2.10. Aplicación Web Animada

Estas aplicaciones permiten desplegar contenido animado. La principal problemática es que no es adecuada para un posicionamiento web; los datos se obtienen a través del SEO de los buscadores web son ilegible.

2.3.2.11. Aplicación de Internet Enriquecida

Posee la funcionalidad de varias aplicaciones de escritorio. Son designadas para no ser limitadas por las restricciones de los navegadores y encargarse bajo estándares de complementos proporcionados del lado del cliente. Son eficientes y visualmente atractivas, junto con una interfaz interactiva.

2.3.3. Arquitectura

La arquitectura del software de un programa o sistema de cómputo es la estructura o estructuras del sistema, lo que comprende a los componentes del software, sus propiedades externas visibles y las relaciones entre ellos.

Además, debe modelar la estructura de un sistema y la manera en la que los datos y componentes del procedimiento colaboran entre sí. [16].

Cabe señalar, La arquitectura no es el software operativo. Es una representación que permite:

1. analizar la efectividad del diseño para cumplir los requisitos establecidos,
2. considerar alternativas arquitectónicas en una etapa en la que hacer cambios al diseño todavía es relativamente fácil y
3. reducir los riesgos asociados con la construcción del software.

2.3.3.1. Arquitectura Punto a Punto

Una arquitectura punto a punto consiste en una red descentralizada de pares, nodos que son a la vez clientes y servidores. Este tipo de redes distribuyen una carga de trabajo entre pares y todos estos permiten colaborar y consumir recursos dentro de la red sin tener un servidor central. La arquitectura punto a punto es totalmente descentralizada.

2.3.3.2. Arquitectura Monolítica

La arquitectura monolítica es un modelo unificado para la elaboración de un software.

El software monolítico está diseñado para tener componentes o funciones del programa que están estrechamente acoplados, en lugar de estar acoplados libremente como los programas de software modulares. En una arquitectura integrada, todos los componentes y sus componentes asociados deben existir para ejecutar o compilar código y ejecutar software.

Las aplicaciones integradas son de un solo nivel, donde todos los componentes que conforman a la aplicación se combinan en una única implementación. Suelen ser amplios en su codificación volviendo difícil de mantener a lo largo del tiempo. Esto puede llevar a grandes tiempos en su modificación al limitar la agilidad y la velocidad de implementación de software.

2.3.3.3. Arquitectura Cliente Servidor

La arquitectura cliente-servidor es un modelo de aplicación distribuida en el que las actividades se dividen entre proveedores de recursos o servicios, denominados servidores y los solicitantes, se conocen como clientes. Un cliente realiza una solicitud a otra aplicación, el servidor es aquel que responde. En esta arquitectura, la capacidad de proceso se comparte entre clientes y servidores; debido a la centralización de la gestión de la información y la separación de responsabilidades, facilita y transparenta al diseño del sistema.

2.3.3.4. Arquitectura Distribuidos

Las arquitecturas distribuidas son un modelo de aplicación donde el hardware y el software conectados en red, se coordinan mediante mensajes. Esta arquitectura establece la comunicación mediante un protocolo por un esquema cliente-servidor.

2.4. Inteligencia Artificial

En esta sección se explica, con cierto grado de detalle, conceptos fundamentales para clarificar el funcionamiento de la inteligencia artificial, muchos de dichos conceptos han sido obtenidos del libro “*Artificial Intelligence, A Modern Approach*”, tercera edición [17] y del documento publicado por la Comisión Europea: “*A definition of AI: main capabilities and disciplines*” [18]. Además, se da pauta a entender las razones por las cuales se optarán por ciertas tecnologías o técnicas al momento de la implementación del sistema.

2.4.1. Preceptos

La definición de inteligencia artificial tiene sus variantes según el autor; sin embargo, de manera general se dice que la inteligencia artificial refiere a “*Sistemas de Software (y posiblemente también de hardware) diseñados por humanos que, dado un objetivo complejo, actúan en la dimensión física o digital al percibir su entorno a través de la adquisición de datos, interpretación de los datos estructurados o no estructurados recopilados, razonamiento sobre el conocimiento, o procesamiento de la información, derivada de estos datos y decidir la(s) mejor(es) acción(es) a tomar para lograr el objetivo dado.*” [18]

Los sistemas de Inteligencia Artificial pueden usar reglas simbólicas o aprender un modelo numérico, así mismo, pueden adaptar su comportamiento analizando cómo el medio ambiente se ve afectado por sus acciones anteriores. [18]

La inteligencia artificial es un campo de investigación y de innovación tecnológica basado en la recopilación de datos y el reconocimiento de comportamientos. Sus avances han llevado a la creación de sistemas capaces de reconocer patrones en conjuntos de datos donde humanamente es imposible o excesivamente costoso; capaces de generar imágenes, texto, audio y más.

Con respecto al sistema, la inteligencia artificial generalmente consiste en una arquitectura como la que se ilustra en la Figura 2.4.1.1 [18]:

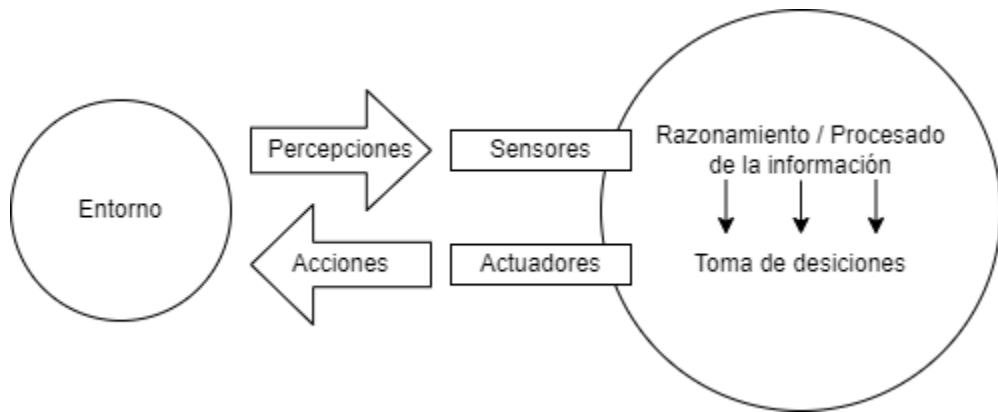


Figura 2.4.1.1 Arquitectura General de los Sistemas de Inteligencia Artificial

En dicha arquitectura, el flujo de datos de entrada proviene del entorno, un entorno que igualmente reaccionará al flujo de datos de salida (la interpretación de la reacción depende del contexto del problema). En particular, este esquema engloba diversos tipos de sistemas de inteligencia artificial, tanto los basados en razonamiento, como los de aprendizaje (temas que se cubren en el apartado de técnicas).

Un sistema dispuesto a implementar inteligencia artificial debe de contar con los siguientes componentes (además de los sensores y actuadores señalados en el esquema anterior):

- ✓ **Gestor de almacenamiento de datos:** anteriormente se mencionó que un sistema de inteligencia artificial opera con datos, generalmente con cantidades de gran tamaño. Es preciso que un sistema maneje técnicas de inteligencia artificial cuente con una sección de administración de datos, ya sea para optimizar los tiempos de consulta o para optimizar el espacio en memoria, dependiendo de las necesidades del sistema y de la técnica.
- ✓ **Preprocesador de datos:** este componente puede estar directamente incluido dentro de otros o no, dependiendo del almacenamiento de datos (pueden almacenarse datos preprocesados o datos en crudo). El preprocesador de datos se encarga de detectar y tratar datos con valores anormales².
- ✓ **Motor de razonamiento/aprendizaje:** dependiendo de la técnica, éste se encargará de tomar los datos almacenados y producir nuevos datos que estén orientados a cumplir el objetivo de la implementación del sistema, como generar una predicción numérica, una imagen, un audio, etc.

² El tratado de datos puede ir desde la eliminación de los datos anormales hasta un ajuste de valor, dependiendo del contexto y el criterio del diseñador.

2.4.2. Técnicas de Inteligencia Artificial

2.4.2.1. Razonamiento

Refiere a un grupo de técnicas que se enfocan en la representación del conocimiento y el razonamiento. Estas técnicas permiten transformar los datos en conocimiento y luego razonar con él a través de la aplicación de reglas simbólicas, planificación, programación, búsqueda y optimización. Una vez se haya razonado con el conocimiento, se puede decidir qué acción tomar. Este proceso de razonamiento y toma de decisiones en sistemas de IA es muy complejo y requiere la combinación de varias estrategias.

2.4.2.1.1. Búsqueda en espacios de estados

Este tipo de estrategias se caracterizan principalmente por el hecho de que la solución buscada está en términos de un “camino”. Los problemas comúnmente abordados con este tipo de técnicas son explicados por medio de grafos y resueltos por algoritmos que comparan estados para encontrar una solución (dependiendo el algoritmo será cuán rápido da la respuesta, cuán buena es y cuán costoso es obtenerla).

Entre los algoritmos de búsqueda en espacios de estados se encuentran 2 grandes vertientes, los algoritmos informados y los no informados (a menudo llamados algoritmos de búsqueda a ciegas). La diferencia fundamental entre ambos es el factor heurístico con el que cuentan los algoritmos informados, es sólo una guía para la función de puntuación³ del algoritmo de búsqueda.

Los algoritmos más populares en este ámbito son:

- **Búsqueda en anchura:**

En inglés llamado BFS (*Breadth First Search*) empieza en un nodo arbitrario del grafo y explora cada uno de los posibles caminos a seguir, generando así una complejidad espacial y temporal aproximada de n^x , con n como el número máximo de caminos posibles a seguir por cada nodo. [19].

El algoritmo es costoso, sin embargo, garantiza el mejor resultado (de haberlo) y requiere técnicas de optimización en su implementación para que su ejecución se lleve a cabo en un tiempo razonable.

- **Búsqueda en profundidad**

En inglés llamado DFS (*Deep First Search*) empieza en un nodo arbitrario y busca entre los nodos disponibles para recorrer, el primero que se adecúe a los criterios de búsqueda implementados anteriormente. En otras palabras, el algoritmo busca la primera respuesta que le satisfaga, independientemente de si es la mejor en el espacio de estados. [19]

³ Las funciones de puntuación dentro de un algoritmo de búsqueda son aquellas que reflejan la toma de decisiones de un algoritmo al encontrarse con diversos caminos a seguir, por ejemplo, una función toma un camino según cuán cercanos están los nodos alcanzables.

El costo espacial y temporal del algoritmo en el mejor de los casos es lineal, en cambio, la calidad de la respuesta dependerá mucho de su implementación, lugar donde se encuentra el factor heurístico antes mencionado.

El algoritmo *A** (pronunciado como “*A asterisco*”, “*A estrella*” o “*A star*”) es un algoritmo informado con un comportamiento de búsqueda en profundidad asistido por una función heurística (cuya implementación varía según el problema) le permite encontrar soluciones que pueden ser de mejor calidad, sea porque el costo temporal o espacial es mejor, o por el hecho de su propia naturaleza de la respuesta exponga mejor calidad contra una que pudo haber sido encontrada en una búsqueda no informada. [19], [20]

2.4.2.1.2. Sistemas expertos

Otro tipo de estrategias basadas en razonamiento son los sistemas expertos, sistemas que, dada una *base de hechos* y una *base de conocimientos*, encuentran una respuesta a un problema dado por medio del *motor de inferencia*. [17].

Los sistemas expertos son una herramienta valiosa para aprovechar los conocimientos de las personas en un dominio o campo de conocimiento específico. Estos sistemas pueden ser programados con reglas y heurísticas el cual imitan el razonamiento humano y utilizan la lógica para tomar decisiones. Además, los sistemas expertos pueden aprender y mejorar su capacidad de toma de decisiones a medida que reciben retroalimentación y datos nuevos.

Más aún, pueden ser utilizados en una variedad de campos, ya sea en la medicina, la ingeniería, el derecho y la gestión empresarial. Al utilizar un sistema experto, los usuarios pueden obtener respuestas precisas y rápidas a preguntas específicas, lo que puede ahorrar tiempo y recursos.

Aunque los sistemas expertos pueden ser una herramienta poderosa, es importante tener en cuenta que no pueden reemplazar completamente el juicio y la experiencia humana. En algunos casos, los sistemas expertos pueden producir resultados incorrectos o incompletos si se utilizan en situaciones fuera del alcance de sus reglas y heurísticas. Por lo tanto, es importante utilizar los sistemas expertos como una herramienta complementaria a la experiencia humana y no al punto de un reemplazo completo de ella. [21].

2.4.2.2. Aprendizaje

Este grupo de técnicas permiten a un sistema de inteligencia artificial aprender a cómo resolver problemas que no pueden ser especificados con precisión o no puedan ser descritos con reglas simbólicas de razonamiento (como lo es el caso de los sistemas expertos y los algoritmos de búsqueda en espacio de estados). Entre las técnicas más reconocidas se encuentra Machine Learning, redes neuronales artificiales, aprendizaje profundo y árboles de decisión. [18]

El aprendizaje de un sistema inteligente de la técnica homónima puede ser llevado de 3 maneras:

- **Aprendizaje no supervisado:**

En este tipo de aprendizaje el agente que aprenderá lo hará mediante la entrada de datos sin retroalimentación (también dicho como “Datos sin etiquetar”). Estos sistemas comúnmente se encargan de tareas de agrupamiento, es decir, dada una entrada de datos, detectar grupos potencialmente útiles.

Un ejemplo sería la clasificación de nubes de acuerdo con características tales como tamaño, densidad, color, altitud, etc.

Algunos de los algoritmos más populares son:

- **K-means:** algoritmo que agrupa conjuntos de datos dado un número de grupos arbitrario. [19]
- **PCA:** el análisis de componentes principales busca reducir la dimensionalidad de los datos encontrando la combinación lineal de características que captura la mayor cantidad de varianza en los datos. [19]
- **SOM:** los mapas autoorganizados son una red neuronal artificial que se dedica a agrupar y facilitar la visualización de datos multidimensionales de acuerdo con qué tanta influencia tiene un nodo con respecto a sus vecinos. [19]

- **Aprendizaje reforzado**

Como su nombre lo dice, el aprendizaje reforzado consta del envío de refuerzos negativos o positivos a un agente durante su aprendizaje. Mediante este proceso se le indica cuándo el agente está cumpliendo con un comportamiento deseado o uno no deseado, moldeando gradualmente su manera de interactuar con su entorno. [17]

Un ejemplo serían los sistemas de recomendación de publicidad de algunos sitios, el sistema evalúa si la publicidad mostrada le interesa o no al cliente y con base a estas percepciones, se adapta. Entre los algoritmos más populares son:

- **Q-Learning:** funciona con una tabla donde se asignan valores a cada posible acción para cada estado, y así tomar decisiones con base a la recompensa esperada.
- **SARSA:** el algoritmo *State, Action, Reward, State, Action* trabaja de manera similar a Q-Learning. La regla de actualización del valor Q es lo que distingue a SARSA de Q-learning.

En SARSA se considera el valor de la diferencia de tiempo que se calcula utilizando la combinación estado-acción actual y la combinación estado-

acción siguiente. Esto significa saber la próxima acción que nuestra política toma para realizar un paso de actualización.

- **Aprendizaje supervisado**

El aprendizaje supervisado, a diferencia del no supervisado, está enfocado a hacer predicciones⁴ por medio de la generación de un modelo el cual recibe por entrada datos “etiquetados”, en otras palabras, se alimenta al sistema con datos y se le indican que representan. [17].

Entre los algoritmos más populares se encuentran:

- **Regresión lineal:** consiste en la predicción del comportamiento de una variable continua mediante el ajuste de coeficientes de una función lineal. Existen diferentes implementaciones para grupos de datos multidimensionales, aunque, no es siempre la mejor estrategia dado la divergencia entre cada dimensión (situación que se puede mejorar con normalización de datos, un tópico que se retomará más adelante). Existe su versión discreta y se llama “Clasificador”, Ahora bien, en lugar de hacer predicciones, se dedica a clasificar datos de entrada en grupos discretos definidos en el entrenamiento. [17]
- **Árboles de decisión:** un árbol de decisión es una estructura de árbol⁵ que representa un conjunto de decisiones y sus posibles consecuencias. Cada nodo interno del árbol refiere una condición sobre una característica o variable de entrada, y cada rama define la respuesta a dicha condición. Los nodos hoja del árbol indican las predicciones o decisiones finales. [17]

Dentro de los árboles de decisión se podrá hallar una variante denominada “Random Forest”, que consiste en agrupar diversos conjuntos de árboles de decisión para clasificar grupos de datos, tomando de éstos características aleatorias. Esta última estrategia es frecuentemente utilizada en diversos campos de los negocios y la medicina dada a su mayor grado de certeza en cuanto a sus predicciones (clasificaciones).

- **SVM:** el modelo “Support Vector Machine” (o Maquina de Vectores de Soporte en español) se usa para separar conjuntos de datos (como otros algoritmos antes mencionados), pese a que lo diferencia de otros es la capacidad de clasificar datos que en ocasiones no son linealmente separables por medio de una función de kernel (aumenta la dimensión de los datos y facilita su división por medio de hiperplanos).

⁴ El término “predicciones” es usado frecuentemente en este ámbito para describir las salidas de sistemas de IA con aprendizaje supervisado.

⁵ En ciencias de la computación se le llama árbol al grafo que es no dirigido y, para cualquier par de vértices (o nodos), está conectado por exactamente un camino. [44]

➤ **Redes neuronales:** también llamadas redes neuronales artificiales, tienen como base el *perceptrón*, concepto que surge en 1957 por Frank Rosenblatt como la abstracción de una neurona. [17] Dicho modelo cuenta con entradas ponderadas (señales de entrada con pesos sinápticos asociados) que serán sumadas y evaluadas en la función de activación para dar una salida.

El aspecto más importante de las redes neuronales es el contraste con los sistemas expertos, el hecho de trabajar con problemas que tienden a no ser especificados con precisión o no puedan ser descritos con reglas simbólicas de razonamiento.

Las entradas son procesadas por un número de parámetros que en ocasiones podrían parecer no tener sentido al ojo humano (por tratarse de un número muy grande o por la detección de características no diferenciables por una persona).

Dado que la naturaleza del prototipo de aplicación web, es una evaluación cuantitativa de la similitud de una entrada a ciertos modelos de caligrafía “etiquetados”, hace que la técnica de elección sea la de aprendizaje supervisado. No obstante, entre todas las estrategias descritas la que se utilizará será la de redes neuronales artificiales debido a que los datos de entrada tendrán una dimensionalidad baja (de 3 dimensiones o menos adicionales a las de la propia imagen) y dado que su comportamiento no puede ser representado por funciones lineales de una manera sencilla (descarta la técnica de clasificador).

El modelo redes neuronales artificiales a ocupar se profundizará en una sección posterior.

2.4.3. Campos de aplicación y ejemplos remarcables

La inteligencia artificial tiene una gran cantidad de aplicaciones en una variedad de campos, y se está utilizando cada vez más para mejorar y automatizar procesos, tomar decisiones más informadas y aumentar la eficiencia y la precisión.

Algunos campos en los que está inmiscuida incluyen la automatización de procesos empresariales, la asistencia sanitaria, las finanzas, el comercio electrónico, la automoción, el marketing, la educación, la agricultura, los recursos humanos y los servicios públicos.

Si bien, ya se mencionó algunos de los casos donde la inteligencia artificial puede ser aplicada, es bueno recalcar sus alcances. actualmente se le clasifica como inteligencias artificiales débiles y fuertes (o también llamadas estrechas y generales). [18]

La diferencia entre cada una radica en su extensión, mientras que las inteligencias artificiales débiles se dedican principalmente a una tarea en específico (tal como predecir el clima, generar texto, interpretar sonidos, etcétera), las inteligencias artificiales fuertes se dedican a hacer diferentes tareas con un solo modelo.

Es importante recalcar que se trata de una sola inteligencia artificial capaz de ser distintas tareas y no un conjunto de inteligencias artificiales débiles orquestadas por otra.

El que una inteligencia artificial pueda trabajar con diferentes tipos de tareas y no con una en específico no la hace mejor o peor, cada una cuenta con ventajas y desventajas, a diferencia

de las inteligencias artificiales generales que pueden adaptarse a diferentes entornos con un mismo modelo, las inteligencias artificiales débiles realizarán una tarea específica con una calidad notablemente superior a si la inteligencia artificial general la hiciera, es una especie de analogía entre un médico general y un médico especialista.

Para el presente Trabajo Terminal, se ocupará será una inteligencia artificial débil, dado que no es necesario comportamientos inteligentes en el resto del prototipo de aplicación web. En otros términos, ocupará una inteligencia artificial que se encargará exclusivamente de una tarea, y nada más.

Algunos ejemplos destacables se denotan en la *Tabla 2.4.3.1*, la cual se secciona en la Clasificación de los distintas Inteligencias Artificiales, ejemplos más populares y una descripción general. [22]:

Tabla 2.4.3.1 Comparación de algunos ejemplos notables de la Inteligencias Artificiales, elaboración propia con base a la información en Forbes.

Clasificación	Ejemplos más populares	Descripción general
Asistentes virtuales	<ul style="list-style-type: none"> • Alexa (Amazon) • Siri (Apple) • Google Assistant (Google) • Cortana (Microsoft) 	Software integrado en diversos dispositivos, desde dispositivos móviles a fijos; diseñado para ejecutar comandos interpretados del lenguaje natural.
Chatbots	<ul style="list-style-type: none"> • ChatGPT (OpenAI) • Replika (Luka, Inc) • Mitsuku (Steve Worswick) 	Software que emula una conversación con el usuario, a diferencia de los asistentes virtuales, los chatbots pueden sostener conversaciones complejas y con un gran parecido a comportamientos humanos.
Visión artificial	<ul style="list-style-type: none"> • Cloud Vision y Waymo (Google) • Azure Cognitive Services (Microsoft) • Watson Visual Recognition (IBM) • Autopilot (Tesla) 	Software especializado en el reconocimiento patrones dentro de imágenes. Entre sus capacidades están el etiquetado de imágenes, reconocimiento facial y la detección de objetos.

En la *Tabla 2.4.3.1*, se observa que la aplicación de las tecnologías o técnicas de inteligencia artificial es cada vez más diversa y compleja, lo cual indica tener un gran potencial de crecimiento, aunque con un posible crecimiento en los riesgos de su mala utilización, tema que será abordado en la **subsecuente sección**.

2.4.4. Ética y Marco Legal en la Inteligencia Artificial

El marco legal en las inteligencias artificiales se encuentra en constante actualización, aun así, con mucho camino por recorrer.

Entre algunos de los dilemas más populares que han surgido gracias al desarrollo de inteligencias artificiales son:

↳ Pérdida de trabajo a causa de la automatización.

Conforme a todo cambio de paradigma tecnológico (por ejemplo, en cada revolución industrial), la implementación de nuevas tecnologías ha desplazado empleos y creado nuevos, el caso de la inteligencia artificial no sería distinto, pues sería capaz de automatizar y optimizar los tiempos y calidad de los trabajos y tareas cotidianas y monótonas no eran realizables más que por humanos, de acuerdo OpenAI, existen numerosos trabajos el cual podrían ser remplazados, entre ellos, la programación. [23].

Para abordar esta problemática, es importante que los trabajadores adquieran habilidades y conocimientos en áreas donde se aborda las inteligencias artificiales no pueden competir, como la creatividad, la innovación y las habilidades sociales. Además, se deben implementar políticas y programas de reentrenamiento y reciclaje laboral para garantizar a los trabajadores desplazados puedan encontrar empleos en campos donde sus labores aún no han sido automatizadas.

↳ Irresponsabilidad en el entrenamiento de modelos y carencia de regulación

En abril del 2022, surgió una polémica con respecto a los datos con los que se entrenó la inteligencia artificial DALL-E, dado que gracias al uso público de ésta, se detectó a la IA fue entrenada parcial o totalmente por imágenes con derechos de autor, situación donde no supondría problema de no ser porque OpenAI, la creadora de la IA, utilizaba las imágenes que generaba dicha IA con fines comerciales, al mismo tiempo de no dar regalías a los autores originales [24]. La manera la cual se detectó este suceso surgió por un fenómeno llamado *overfitting*, un tema donde se abordará en la sección 2.4.5 de este trabajo.

La controversia alcanzó más inteligencias artificiales generativas⁶ como lo son ChatGPT (también de OpenAI) y Copilot (Microsoft), ésta última desatando bullicio en redes sociales en noviembre del mismo año pues se habían detectado fragmentos de código generado que infringían los términos en las licencias de código abierto de ciertos repositorios, cayendo así en la piratería; siendo la vía de detección similar que con DALL-E. [25].

Los problemas escalaron a tal punto que se han diseñado tecnologías para detectar si una imagen fue usada en algún grupo de datos usados para entrenar una IA, así mismo se han creado técnicas de *envenenamiento de datos*⁷ evitando a estos sistemas se alimenten de estos.

Las regulaciones donde podrían dar solución a estos problemas aun no existen o no están lo suficientemente extendidas, y su ausencia está llevando al surgimiento de inconformidades

⁶ Una inteligencia artificial generativa es un sistema con comportamiento inteligente la cual se enfoca en generar salidas con respecto a una entrada que la describa, por ejemplo, imágenes, texto, audio, etc.

⁷ El envenenamiento de datos es un conjunto de técnicas donde su objetivo hacer que los datos sean entrenados por inteligencias artificiales sean poco útiles o contraproducentes. [45]

por parte del público que las utiliza, así como del público que es afectado por el uso sin consentimiento de su propiedad intelectual.

2.4.5. Análisis detallado de las redes neuronales artificiales

Como previamente se mencionó, las redes neuronales artificiales son un modelo de aprendizaje automático basado en el comportamiento y estructura de las neuronas encontradas en la corteza cerebral. El Trabajo Terminal que se realiza tendrá esta tecnología como uno de sus pilares fundamentales, a continuación, se explicará más a detalle la tecnología y algunas consideraciones para la implementación de ésta.

2.4.5.1. Perceptrón

Considerado la base de las redes neuronales artificiales, el perceptrón es la abstracción más simple de una neurona. [17]. El perceptrón tiene en cuenta entradas (con correspondientes ponderaciones), salidas y una función de activación que las determina, tal cual se visualiza en la *Figura 2.4.5.1.1*:

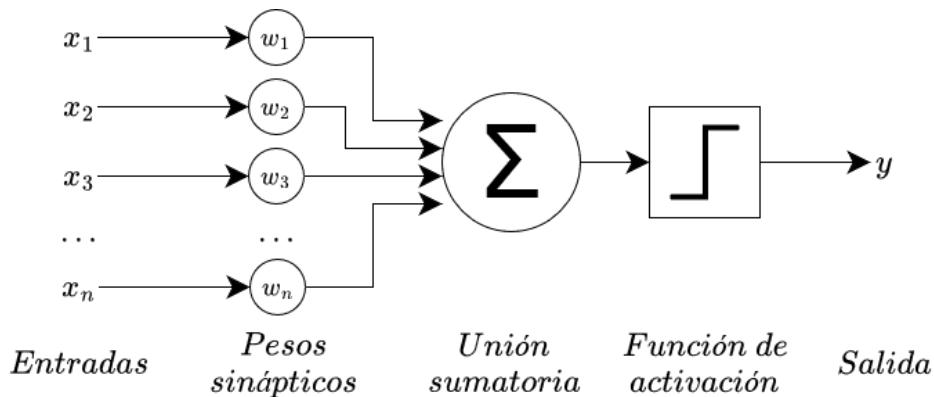


Figura 2.4.5.1.1 Representación del perceptrón, elaboración propia

Describiendo cada componente, se tiene entradas numéricas x_i , también denominadas vector entrada, que representan un dato con sus correspondientes dimensiones. A cada valor de entrada se le asocia una ponderación w_i que describe cuán importante es dicha entrada para determinar la salida. Posteriormente se suman y evalúan en la unión sumatoria y en la función de activación, respectivamente, para arrojar una salida y .

El perceptrón, como modelo de una única neurona, carece de grandes capacidades, sin embargo, ésta comienza a tomar relevancia cuando trabaja con más neuronas, siendo que, si se trabajan diversas neuronas en una capa, se pueden resolver problemas con naturaleza lineal (o también dicho linealmente separables). Posteriormente, se pueden implementar sistemas multicapa, estos evitan la limitación de los problemas lineales y son capaces de abrirse paso a problemas mucho más complejos.

2.4.5.2. Sistemas multicapa

Los sistemas multicapa, citando secciones previas, son sistemas conformados por diversas capas que a su vez están constituidas de neuronas artificiales. Estos sistemas cuentan con

ventajas, así como no limitarse a problemas lineales, ser flexibles (multipropósito) y ser tolerantes a fallos (aceptar datos posiblemente erróneos sin modificar en gran medida el resultado final).

El procedimiento que sigue un sistema multicapa es, dada una entrada, aplicarle una transformación lineal (multiplicar cada entrada por un peso) y, luego de sumarla, aplicarle una transformación no lineal. El proceso se repite en cada capa hasta producir una salida.

Se calcula la función de costo (también llamada función de objetivo o de pérdida), que, en pocas palabras, es la diferencia entre el valor esperado y el obtenido.

Una vez obtenida la función de costo, se ajustan los pesos asociados a las entradas mediante el algoritmo de retro propagación. Este algoritmo utiliza la técnica de descenso de gradiente [26], la cual hace buscar mínimos cercanos a un punto dado. La *ecuación 2.4.5.2.1* que lo representa es la siguiente:

$$x_{n+1} = x_n - \alpha \nabla f(x_n)$$

Ecuación 2.4.5.2.1 Algoritmo de retropropagación

Donde x_{n+1} es el valor deseable para calcular, x_n su valor anterior, α el coeficiente de aprendizaje y $\nabla f(x_n)$ el gradiente de la función que describe el comportamiento de los datos.

El proceso es iterativo y solamente se detiene cuando se llega a cierto grado de precisión o a un número de iteraciones indicadas (límite en caso de que la función no converja). [17].

Los coeficientes de aprendizaje, los tamaños de cada capa, al igual a la cantidad de éstas son parámetros a mencionar en otra sección subsecuente.

Existen distintos tipos de sistemas multicapa con diferentes propósitos. No obstante, el prototipo de aplicación web trabajará con entradas no linealmente separables (por tratarse de imágenes), lo que hace que la estrategia que se seguirá sea la de un sistema multicapa. De la misma manera, existen diferentes funciones de costo, y, de acuerdo con el tipo de red neuronal, varía, este tema será profundizado luego de exponer el tipo de red neuronal que se ocupará.

2.4.5.3. Función de activación

La salida de una neurona artificial depende del diseño de la función de activación. Clásicamente, la función de activación se describe como una función binaria, función que dado un umbral arbitrario θ , decide si la salida es 1 u 0 (*Ecuación 2.4.5.3.1* y *Figura 2.4.5.3.1*).

$$y = \begin{cases} 1 & \text{si } z > 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

donde $\theta = -b$ y $z = b + \sum_i x_i w_i$,

Ecuación 2.4.5.3.1 Función de activación binaria [17]

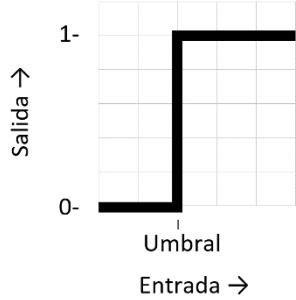


Figura 2.4.5.3.1 Visualización de la función de activación binaria, elaboración propia

De cualquier manera, con el tiempo las funciones de activación se fueron ajustando y mejorando, ejemplo de ello son la función de activación lineal rectificada y la sigmoidal, siendo esta última la más usada.

La función de activación lineal rectificada fue creada para evitar el cambio en la salida se limite a ceros y unos, y en su lugar arroje salidas más fieles a el problema. Además de tener en cuenta un umbral $\theta = -b$ que es su ajuste. Este comportamiento se ve reflejado en la *Figura 2.4.5.3.2*, dado por la *Ecuación 2.4.5.3.2*.

$$y = \begin{cases} z & z \geq 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$\text{donde } z = \sum_i x_i w_i$$

$$x_0 = 1 \quad w_0 = b$$

Ecuación 2.4.5.3.2 Función de activación lineal rectificada [17]

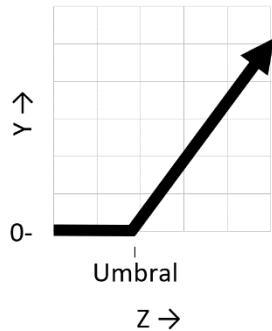


Figura 2.4.5.3.2 Visualización de la función de activación lineal rectificada, elaboración propia

La desventaja que tiene esta función contra la binaria es la no acotación, es decir, no se limita a ciertos valores, y puede ser un problema para algunas arquitecturas.

Más adelante se crearía una función que brindaría más facilidades, la función de activación sigmoidal. Esta función cuenta con las características de estar acotada (como la binaria), tiene un gradiente suave (diferente a lo que ofrecen la binaria y la lineal rectificada al no ser

derivables en todos sus puntos), es flexible con las salidas y arroja resultados más fieles a la realidad. Dicha función se describe en la Ecuación 2.4.5.3.3 y se visualiza en la Figura 2.4.5.3.3.

$$y = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

$$\text{donde } z = \sum_i x_i w_i$$

Ecuación 2.4.5.3.3 Función de activación sigmoide [17]

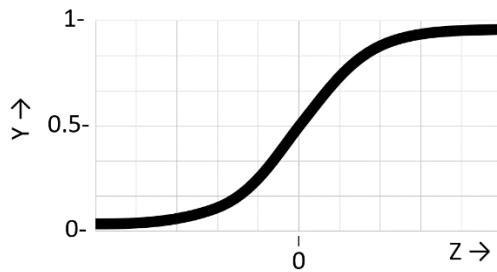


Figura 2.4.5.3.3 Visualización de la función de activación sigmoide, elaboración propia

Existen otras funciones que cuentan con un comportamiento similar a sigmoide como lo es \tanh , sin embargo, no se profundizará dado que cumple con comportamientos similares a la sigmoide, simplemente con la diferencia de tener un rango de -1 a 1.

Por último, se encuentra la función de activación Softmax, función ocupada en problemas de clasificación multiclase, en otras palabras y contrastando con la función sigmoide, no se limita a clasificar un elemento entre 2 categorías, en su lugar lo hace entre un número C de categorías. [27]

Dicha función se puede interpretar como la probabilidad de que un elemento sea parte de una clase, siendo la *ecuación 2.4.5.3.4* la que la representa.

$$f(s)_i = \frac{e^{s_i}}{\sum_j^C e^{s_j}}$$

Ecuación 2.4.5.3.4 Función de activación Softmax [27]

Donde S_p representa el puntaje para la clase acertada.

Describiendo el comportamiento y el contexto de esta función, Softmax se encuentra como una función de activación en la última capa de una red neuronal, capa que tendrá como salida la probabilidad de que el elemento analizado pertenezca a una clase. Dentro de esta capa, y para describir las clases que se tomarán en cuenta, se encuentran C neuronas, cada una representando a una clase.

Softmax es usualmente utilizada acompañada de la fusión de costo *Cross-Entropy* (Entropía cruzada), un tópico que se abordará después de explicar la selección del tipo de red neuronal artificial (ver **sección 2.4.5.5**). [27]

Tanto como la función Sigmoide como la función Softmax podrían función como la función de activación para el caso actual, sin embargo, y lo que las diferencia principalmente es que, mientras Softmax dará una puntuación más alta a una clase con respecto a las otras, Sigmoide evaluará el elemento y dictará que tan probable es que se o no parte de una clase, haciendo así que un elemento pueda pertenecer a más de una clase (situación que no debería de suceder en este contexto).

Para esta subsección se consultó el sitio especializado Machine Learning Mastery, en donde también se pueden encontrar ejemplos de uso con la librería TensorFlow [28] y el blog del estudiante de doctorado en visión por computadora Raúl Gómez Bruballa [27].

2.4.5.4. Selección de parámetros

Al momento de entrenar un modelo, se presenta la situación de la elección de parámetros, entre ellos se encuentra el coeficiente de aprendizaje, la cantidad de capas y la cantidad de neuronas. Existen distintos criterios que pueden indicar si la elección de parámetros es adecuada o no, en breves, se mencionará el porqué es importante y el cómo se pueden intentar mejorar los resultados modificando los criterios.

- ↳ **Coeficiente de aprendizaje:** a veces denominado “step size” o “tamaño del paso” determina qué tan grande será el cambio en los pesos asociados a las entradas. Valores muy grandes podrían hacer a la función no converja y valores muy chicos que ésta se estanque en un mínimo local que podría no ser la mejor respuesta. Una estrategia es probar valores manualmente (esto podría ser complicado y poco eficiente para grandes conjuntos de datos), otra es usar técnicas de optimización basadas en gradientes (pueden ir desde dividir el problema en subconjuntos y probar con éstos, a cambiar la estrategia de descenso de gradiente por completo), entre otros. Por la mediana complejidad que se presentará en este Trabajo Terminal, la técnica a abordar será la manual y por medio de una matriz de búsqueda (se explica en el siguiente punto). [17]
- ↳ **Cantidad de capas y de neuronas:** estos parámetros nos dirán por cuantas capas pasará un dato y por cuántas neuronas será procesado antes de arrojar una salida, el aumentarlos en exceso puede llevar a un sobreajuste del modelo (y así ser poco flexible con nuevos datos) y el tener valores bajos podría llevar al modelo a no lograr representar la realidad. [17]
La elección de estos parámetros es empírica por el momento, pero existen estrategias para llevar un proceso ordenado y robusto de selección de estos parámetros que permita la obtención de un valor adecuado, como lo es la búsqueda en cuadrícula [29], la cual consta de combinar diversos valores de neuronas y de capas en una cuadrícula, comparando cuáles combinaciones generan mejores resultados y cuáles no.

Es de suma importancia realizar procedimientos para la mejora de elección de hiperparámetros dado que, si se sobreajusta (*overfitting*) o si se subajusta (*underfitting*) la red neuronal artificial arrojará resultados muy lejanos a la realidad, ya sea porque los resultados no siguen ninguna clase de comportamiento general aparente, o porque solamente reflejan el comportamiento de los datos de entrenamiento (y no de los datos, que aunque tienen la misma naturaleza, no han sido evaluados por el modelo anteriormente). [17]

Para el caso particular de este prototipo de aplicación web, el ajuste de hiperparámetros puede representar qué tan flexible es la red con respecto a las letras que analiza.

2.4.5.5. Redes neuronales artificiales especializadas

Anteriormente se han descrito lo que son las redes neuronales, sin embargo, existen diferentes variaciones para abordar distintos tipos de problemas, a continuación, se presentan en la *Tabla 2.4.5.5.1* diferentes tipos de redes neuronales artificiales que podrían manejar el problema o que son más populares y, adjunto a ella, la que será de elección.

Tabla 2.4.5.5.1 Comparación entre diferentes tipos de redes neuronales artificiales [30]

Red neuronal	Estructura	Datos que tratan	Ventaja principal
Feedforward	Capas neuronales unidireccionales	Datos estructurados en general	Muy flexibles ante gran variedad de problemas
Recurrentes	Conexiones de retroalimentación	Datos secuenciales	Respuestas basadas en el contexto de respuestas pasadas
Convolucionales	Capas convolucionales ⁸ y de agrupamiento	Matrices multidimensionales	Excelente rendimiento en visión por computadora
Generativas Adversiales	Generador contra discriminador	Datos generativos ⁹	Puede ser no supervisado
Probabilísticas	Capas neuronales unidireccionales	Datos numéricos o categóricos	Capacidad para modelar la incertidumbre

Al comparar estas variantes concluimos que las redes neuronales convolucionales serán la elección. En primer lugar, las entradas son imágenes, es decir, matrices multidimensionales, datos convenientes para este tipo de red. Además de ello, las redes convolucionales están diseñadas para aprender características locales y patrones espaciales, lo que les permite reconocer y extraer información importante de los trazados de caracteres escritos a mano, al mismo tiempo de que son invariantes a las traslaciones, lo que significa que pueden reconocer caracteres independientemente de su posición en la imagen.

⁸ Las capas convolucionales se encargan de, dada una entrada, aplicar una matriz de convolución para obtener los “componentes” de ésta.

⁹ Datos generativos refiere a datos que se deseen sean creados como imágenes, sonido o texto.

Es preciso mencionar que, para el caso específico de las redes neuronales convolucionales, existen diversas arquitecturas que se pueden seguir de acuerdo con la complejidad del problema. A continuación, en la *Tabla 2.4.5.5.2*, se explica las arquitecturas más comunes, así como una breve descripción, el uso común y su mayor ventaja que posee.

Tabla 2.4.5.5.2 Arquitecturas más comunes de redes neuronales convolucionales¹⁰ [31]

Nombre de arquitectura	Descripción	Uso más común	Mayor ventaja	Tamaño de conjunto de entrenamiento	Complejidad
LeNet-5	Una de las primeras arquitecturas de CNN utilizada para reconocimiento de dígitos escritos a mano	Reconocimiento de caracteres, OCR	Eficiente en conjuntos de datos pequeños	Moderado	Baja
AlexNet	Introdujo arquitecturas más profundas y uso de ReLU como función de activación. Ganó el concurso ImageNet en 2012	Reconocimiento de imágenes en general	Efectivo en conjuntos de datos grandes	Grande	Alta
VGG (Visual Geometry Group)	Propuso arquitecturas más profundas con bloques de convoluciones repetitivas	Reconocimiento de imágenes en general	Muy buena precisión, fácil de entender y de implementar	Grande	Alta
Inception	Utiliza módulos de convolución en paralelo para capturar características en diferentes escalas y resoluciones	Reconocimiento de imágenes en general	Eficiente en términos de uso de recursos	Grande	Alta
ResNet (Residual Network)	Introdujo conexiones residuales para abordar el	Reconocimiento de imágenes en general	Permite entrenar redes muy profundas	Muy grande	Muy alta

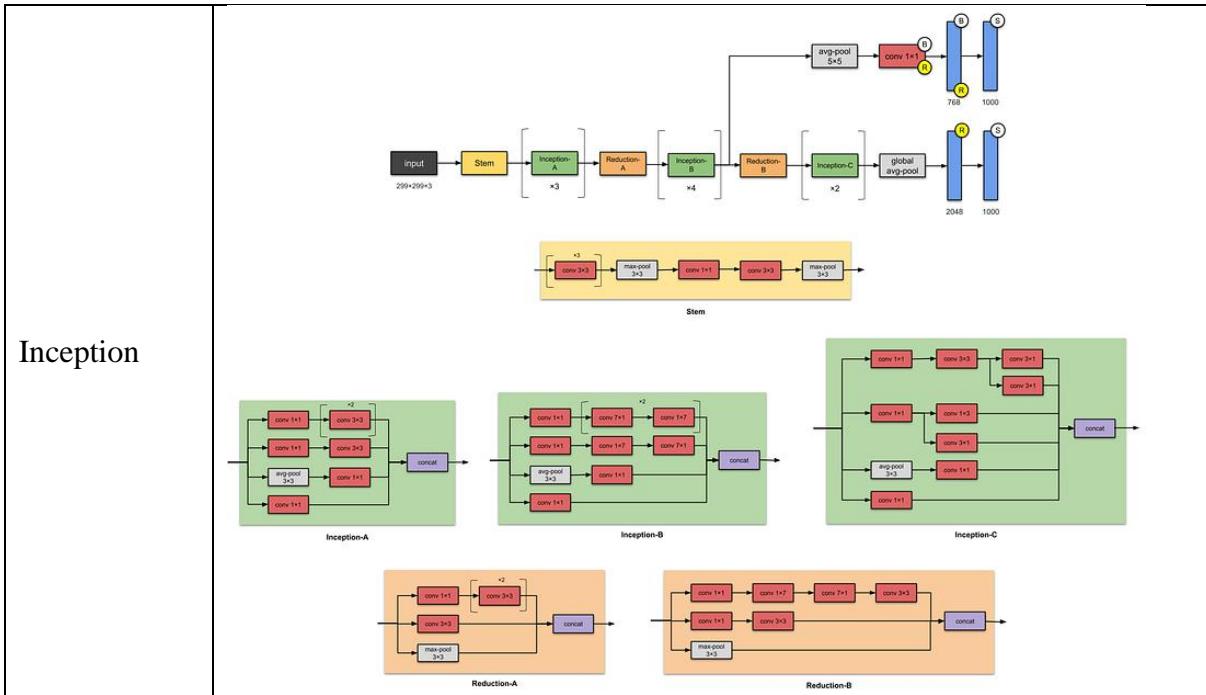
¹⁰ Ilustraciones de las arquitecturas mencionadas pueden ser encontradas en los anexos.

	problema degradante del rendimiento a medida que aumenta la profundidad de la red				
--	---	--	--	--	--

Con fines ilustrativos respecto a cada arquitectura, se adjunta la *Tabla 2.4.5.5.3*, en la que se muestran las estructuras de cada arquitectura.

Tabla 2.4.5.5.3 Visualización de las arquitecturas más comunes de redes neuronales convolucionales [31]

Arquitectura	Visualización
LeNet-5	
AlexNet	
VGG	
ResNet	



Adicionalmente se agregan las acotaciones de las ilustraciones en la *Figura 2.4.5.5.1*

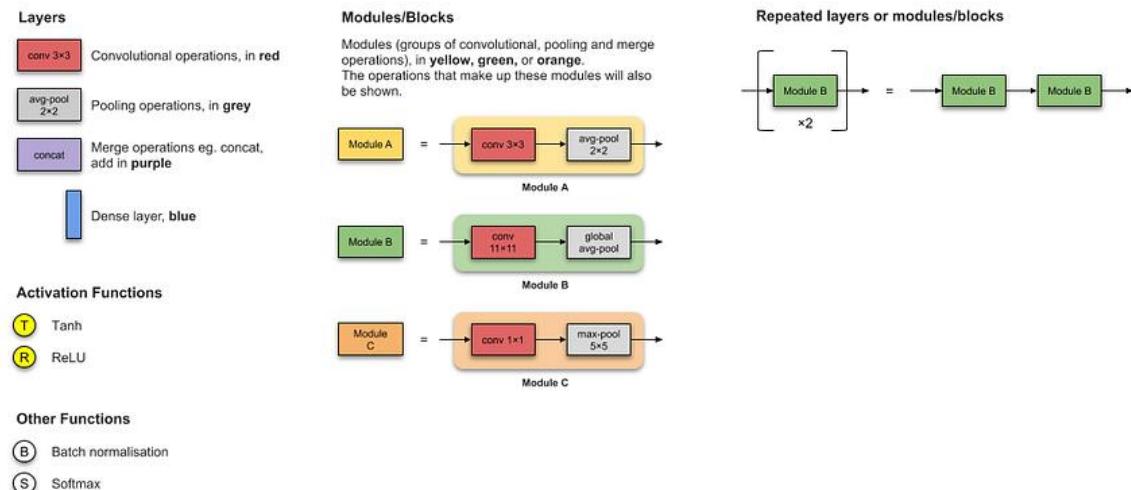


Figura 2.4.5.5.1 Acotaciones para las visualizaciones de las arquitecturas mencionadas en la tabla 2.4.5.5.3

Cabe mencionar que las arquitecturas pueden variar según la fuente, desde las dimensiones hasta las funciones de activación.

LeNet-5 fue considerada la opción más viable para el prototipo de aplicación web, inicialmente porque fue diseñada originalmente para el reconocimiento de dígitos escritos a mano y ha demostrado ser efectiva en conjuntos de datos pequeños y tareas de reconocimiento de patrones simples, siendo estas 2 últimas características presentes en el prototipo descrito.

La arquitectura escogida cuenta con una última capa donde el elemento evaluado es clasificado, las neuronas artificiales de ésta suelen ocupar o bien una función sigmoide, una Softmax o alguna otra de clasificación, sin embargo, dado a los argumentos presentados en la **sección 2.4.5.3**, la escogida será Softmax.

2.4.5.6. Funciones de costo

Retomando lo mencionado en la **sección 2.4.5.3**, existen diversas funciones de costo cuando se habla de redes neuronales artificiales, sin embargo, no todas miden lo mismo ni de la misma manera, es por ello por lo que se presentan diversas opciones en la *Tabla 2.4.5.6.1*, donde se mencionan algunos detalles y se indicará cual es la más apropiada para la implementación de una red neuronal convolucional.

Tabla 2.4.5.6.1 Funciones de costo usadas para redes neuronales artificiales [32]

Función de Costo	Fórmula/Algoritmo	Uso	Ventaja Destacable
Error cuadrático medio (MSE)	$\frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y}_i)^2$	Regresión	Sensible a la magnitud de los errores, penaliza más fuertemente los errores grandes.
Entropía cruzada	$-\sum_i^C t_i \log(f(s)_i)$	Clasificación binaria, multiclase o multietiqueta ¹¹	Efectiva para problemas de clasificación, convergencia rápida y evita el estancamiento.
Pérdida de Hinge	$\max(0,1 - y \cdot \bar{y})$	Clasificación binaria o multiclase	Útil para clasificadores SVM, maximiza el margen de separación entre clases.
Pérdida de logaritmo negativo	$-\log(\bar{y})$	Clasificación con probabilidad	Minimiza la divergencia entre distribuciones predichas y distribuciones reales, adecuada para clasificación probabilística.

La elección final es entropía cruzada debido a su frecuente uso con clasificadores basados en sigmoide, Softmax, entre otros.

¹¹ La diferencia entre multiclase y multietiqueta es la cantidad grupos a los que un elemento puede pertenecer, siendo 1 de C elementos para multiclase y al menos 1 de C elementos para multietiqueta.

2.5. Computación en la Nube

El concepto de computación en la nube hace referencia a los servidores remotos puedan ser accedidos mediante Internet; asimismo, se refiere al conjunto de bases de datos y aplicaciones que se ejecutan en estos. De otra forma, la computación permite al software y servicios almacenar, administrar y procesar datos, servidores, bases de datos, software, etc. utilizados por alguna persona u organización, estando ejecutados a través de Internet independientemente del dispositivo que estén utilizando.

La computación en la nube es posible debido a la virtualización. Esta tecnología permite la creación de una computadora “virtual” comportándose como una computadora física, haciendo uso del hardware de forma eficiente.

2.5.1. Principales modelos de servicio de la computación de la nube

Software como servicio (SaaS): En lugar de que los usuarios instalen una aplicación en sus máquinas locales, las aplicaciones SaaS se alojan en servidores en la nube donde los usuarios acceden a ellas a través de Internet. El software de la empresa, así como sus datos, está alojado en servidores fuera de la empresa y cobran una tarifa por su uso. Cuando se usa SaaS, solamente se da relevancia por usar el software necesario para una aplicación donde pueda funcionar. Cualquier aplicación que se ejecute en la nube y pueda ser accedida mediante Internet es una aplicación SaaS.

Plataforma como servicio (PaaS): Los proveedores de PaaS proporcionan todo lo necesario para crear aplicaciones de Internet, incluidas herramientas de desarrollo, infraestructura y sistemas operativos. En otras palabras, alquila todas las herramientas y equipos necesarios para construir la aplicación sin alquilarlos. Los ejemplos de PaaS incluyen Heroku y Microsoft Azure.

Infraestructura como servicio (IaaS): En este modelo, una empresa alquila los servidores y el almacenamiento que necesita de un proveedor de nube. Las empresas contratan la infraestructura de hardware a un tercero a cambio de un alquiler; permitiendo elegir la capacidad del procesador, la memoria a utilizar, el espacio de almacenamiento, etc. Luego usan esa infraestructura en la nube para construir sus aplicaciones. Los proveedores de IaaS incluyen DigitalOcean, Google Compute Engine y OpenStack.

SaaS, PaaS e IaaS eran los tres modelos principales de computación en la nube. Si bien, en los últimos años ha surgido un cuarto modelo.

Función como servicio (FaaS): En este modelo, computación sin servidor (Serverless), permite dividir las aplicaciones en componentes pequeños que sólo se ejecutan en la nube y se alquilan dependiendo su uso; aumentando o duplicándose en relación con este.

Este tipo de aplicaciones se denominan de este modo; debido que no se ejecutan en máquinas dedicadas y, por ende, no se requiere administrar un servidor.

En la Figura 2.5.1.1 se ilustra un resumen y comparación de las tecnologías antes mencionadas.

Private Cloud	IaaS Infrastructure as a Service	PaaS Platform as a Service	FaaS Function as a Service	SaaS Software as a Service
Function	Function	Function	Function	Function
Application	Application	Application	Application	Application
Runtime	Runtime	Runtime	Runtime	Runtime
Operating System	Operating System	Operating System	Operating System	Operating System
Virtualization	Virtualization	Virtualization	Virtualization	Virtualization
Server	Server	Server	Server	Server
Storage	Storage	Storage	Storage	Storage
Networking	Networking	Networking	Networking	Networking

Managed by the customer Managed by the provider

Figura 2.5.1.1 Principales modelos de servicio de la computación de la nube

2.5.2. Modelos de implementación en la nube

Los tipos de implementación depende de quién gestiona los servidores, recursos y dónde se ubican. Ahora, se enlistan los modelos de implementación más habituales:

- ↳ **Nube privada:** Este tipo de modelo se caracteriza por ser un servidor, centro de datos o red distribuida dedicada a una organización, siendo su infraestructura construida y mantenida por esta.
- ↳ **Nube pública:** Un proveedor de servicios de nube ofrece sus servicios que puede incluir servidores en uno o varios centros de datos; donde las organizaciones comparten los recursos que estos ofrecen y suelen ser vendidos bajo demanda.
- ↳ Los principales proveedores de servicios de nube son **Amazon Web Services (AWS)**, **Microsoft Azure**, **IBM** y **Google Cloud Platform**.
- ↳ **Nube híbrida:** Es la combinación entre servicios de nube pública y nube privada automatizadas. Una nube híbrida crea entornos unificados, automatizados y escalables aprovechando la infraestructura de nube pública, al tiempo que se mantiene un control estable sobre los datos.
- ↳ **Multinube:** Es una implementación de nube que hace uso de nubes públicas. Alquilando servidores y servicios virtuales de proveedores externos. Este tipo de implementación puede ser una nube híbrida y viceversa.

3. Capítulo 3. Análisis del Prototipo de Aplicación Web

En este capítulo se presenta todo el análisis que conlleva este prototipo de aplicación web, en el cual se incluye las historias del usuario, reglas de negocio, el análisis de requisitos funcionales, requisitos no funcionales, la metodología a llevar a cabo, así como la factibilidad técnica, operativa y económica, el análisis de riesgos, el diseño conceptual de la base de datos, el modelado de UML y finalmente, los bocetos preliminares de la aplicación web.

3.1. Historias del Usuario

Las historias de usuario son una herramienta en el desarrollo del prototipo. Estas permiten comprender y describir tanto las necesidades como los requisitos de los usuarios finales para garantizar que la aplicación web cumpla con las expectativas.

Acto seguido, se presenta un conjunto de historias de usuario que se recopilaron a través de la entrevista de un elemento del profesorado de educación básica primaria. Cada historia de usuario se enfoca en una actividad específica que este acomoda realizar en la aplicación; estas están compuestas por un título, una descripción de la tarea y los criterios de aceptación que notifican cuando las necesidades de la historia se satisfacen.

Estas historias de usuario serán un fundamento de nuestro proceso en la metodología iterativo incremental, detallada en la **sección 3.4** de este capítulo; debido que nos permiten planificar de forma documental el análisis y diseño del prototipo en cada incremento. Asimismo, nos permiten mantener una revisión continua por parte del usuario, asegurando que se revise cada característica redactada y agregada por este tanto al documento como a la aplicación, teniendo un propósito claro y agregando valor a la experiencia del usuario.

A continuación, se presentan las historias de usuario generales recopiladas que conciernen al apartado del análisis del prototipo, de estas siguen las historias de usuario subyacentes presentadas en el **Capítulo 4. Diseño**, relacionadas con cada uno de los incrementos definidos en el Trabajo Terminal I por parte de los miembros del equipo de desarrollo como por los usuarios finales.

En la Tabla 3.1.1 se define las partes de la historia de usuario general del Registro del profesorado en la aplicación web, especificando título, la prioridad, el estimado de uso, la descripción de la historia al igual que los criterios de aceptación.

Tabla 3.1.1 Historia de Usuario 1 Registro del profesorado en la aplicación web

Título: Registro del profesorado en la aplicación web.	Prioridad: Alta	Estimado de Uso: 10 minutos
Historia de Usuario: Como parte del profesorado, quiero poder registrarme en la aplicación web para acceder a las funcionalidades y recursos disponibles.		
Criterios de aceptación: Dado que soy un nuevo miembro del profesorado, cuando ingreso a la aplicación web, debería encontrar un formulario para registrar mis datos personales y crear una cuenta. Después de que se lleve a cabo el registro, iniciará sesión con mi usuario creado.		

En la Tabla 3.1.2 se precisa la estructura de la historia de usuario general del Alumnado se registre en la aplicación web, mencionando título, la prioridad, el estimado de uso, la descripción de la historia, asimismo los criterios de aceptación.

Tabla 3.1.2 Historia de Usuario 2 Alumnado se registre en la aplicación web

Título: Alumnado se registre en la aplicación web	Prioridad: Alta	Estimado de Uso: 10 minutos
Historia de Usuario: Como parte del profesorado, quiero que el alumnado pueda registrarse en la aplicación web para acceder a las funcionalidades y recursos disponibles.		
Criterios de aceptación: Dado que haya un nuevo miembro del alumnado, cuando ingresa a la aplicación web, sea capaz de encontrar un formulario para registrar sus datos personales y crear una cuenta. Después de que se lleve a cabo el registro, iniciará sesión con su usuario creado.		

En la Tabla 3.1.3 se detalla la composición de la historia de usuario general Alumnado envíe fotografías para la evaluación de la caligrafía, indicando título, la prioridad, el estimado de uso, la descripción de la historia, como también los criterios de aceptación.

Tabla 3.1.3 Historia de Usuario 3 Alumnado envíe fotografías para la evaluación de la caligrafía

Título: Alumnado envíe fotografías para la evaluación de la caligrafía	Prioridad: Alta	Estimado de Uso: Variable
Historia de Usuario: Como parte del profesorado, quiero que el alumnado pueda enviar una fotografía de sus trazos en la aplicación web para obtener una evaluación.		
Criterios de aceptación: Dado que soy parte del profesorado, quiero que el alumnado registrado, cuando ingrese a la aplicación web, tenga una opción para enviar una fotografía de sus trazos para su evaluación, debería recibir una confirmación de que se ha enviado correctamente.		

En la *Tabla 3.1.4* se define las partes de la historia de usuario general Profesorado pueda crear grupos, especificando título, la prioridad, el estimado de uso, la descripción de la historia al igual que los criterios de aceptación.

Tabla 3.1.4 Historia de Usuario 4 Profesorado pueda crear grupos

Título: Profesorado pueda crear grupos	Prioridad: Alta	Estimado de Uso: 5 minutos
---	------------------------	-----------------------------------

Historia de Usuario:

Como parte del profesorado, quiero ser capaz de crear grupos a los cuales el alumnado podrá unirse.

Criterios de aceptación:

Dado que soy parte del profesorado registrado, quiero encontrar una opción para crear un grupo y tener un objeto para que el alumnado pueda acceder.

En la *Tabla 3.1.5* se precisa la composición de la historia de usuario general unirse en un grupo del profesorado, mencionando título, la prioridad, el estimado de uso, la descripción de la historia, así como los criterios de aceptación.

Tabla 3.1.5 Historia de Usuario 5 Unirse en un grupo del profesorado

Título: Unirse en un grupo del profesorado	Prioridad: Alta	Estimado de Uso: 5 minutos
---	------------------------	-----------------------------------

Historia de Usuario:

Como parte del profesorado, quiero que el alumnado se pueda unir a un grupo específico creado por mí para evaluarlos y dar retroalimentación de sus trabajos.

Criterios de aceptación:

Dado que soy parte del profesorado registrado, quiero que el alumnado registrado, encuentre una opción para buscar y unirse a un grupo existente mío.

En la *Tabla 3.1.6* se define la estructura de la historia de usuario general Alumnado acceda a recursos multimedia de caligrafía, indicando el título, la prioridad, el estimado de uso, la descripción de la historia y los criterios de aceptación.

Tabla 3.1.6 Historia de Usuario 6 Alumnado acceda a recursos multimedia de caligrafía

Título: Alumnado acceda a recursos multimedia de caligrafía	Prioridad: Baja	Estimado de Uso: Variable
--	------------------------	----------------------------------

Historia de Usuario:

Como parte del profesorado, quiero que el alumnado sea capaz de acceder a recursos multimedia relacionados con la caligrafía para aprender y mejorar sus habilidades de escritura.

Criterios de aceptación:

Dado que soy parte del profesorado registrado, quiero que un usuario de la aplicación web, cuando ingrese a la aplicación web o visite el sitio como invitado, sea capaz de navegar y acceder a una sección de recursos multimedia. Encontrando videos, tutoriales, u otros materiales educativos relacionados con la caligrafía que pueda visualizar de forma gratuita.

En la *Tabla 3.1.7* se detalla las partes de la historia de usuario general Alumnado genere plantillas, especificando título, la prioridad, el estimado de uso, la descripción de la historia como también, los criterios de aceptación.

Tabla 3.1.7 Historia de Usuario 7 Alumnado genere plantillas

Título: Alumnado genere plantillas	Prioridad: Media	Estimado de Uso: Variable
Historia de Usuario: Como parte del profesorado, quiero que el alumnado genere plantillas de práctica para mejorar sus habilidades de caligrafía.		
Criterios de aceptación: Dado que soy parte del profesorado registrado, quiero que el alumnado registrado, cuando ingrese a la aplicación web, tenga una opción que le permita generar plantillas de práctica.		

Tabla 3.1.8 Historia de Usuario 8 Alumnado debe tener una Interfaz de Usuario Atractiva

Título: Alumnado genere plantillas	Prioridad: Media	Estimado de Uso: Variable
Historia de Usuario: Como parte del profesorado, quiero que el alumnado tenga una interfaz de usuario atractiva.		
Criterios de aceptación: Dado que soy parte del profesorado registrado, quiero que el alumnado que ingrese a la aplicación web tenga una interfaz de usuario atractiva con una paleta de colores previamente analizada.		

3.2. Reglas de Negocio

En esta sección en la *Tabla 3.2.1*, se definen las Reglas de Negocio, como también una descripción general que limitan o restringen algunos aspectos importantes, en el desarrollo del Prototipo de aplicación web.

Tabla 3.2.1. Reglas del Negocio

ID	Nombre	Descripción
RN01	Usuarios	Solo los usuarios que han sido registrados en la BD podrán acceder a las funcionalidades de la aplicación Web.
RN03	Usuarios NO Registrados	Los futuros usuarios deberán llenar un formulario para añadirlos a la BD.
RN03	Administrador	El usuario administrador será el único que podrá modificar datos dentro de la aplicación web, sin ser estos los de los resultados de la evaluación.
RN04	Tipo de Caligrafía	La Técnica de Inteligencia Artificial, se limitará a sólo identificar letras Mayúsculas y minúsculas de tipo Molde.
RN05	Hardware	Para hacer uso de la aplicación web, se deberá contar un algún dispositivo electrónico, tal como, PC de escritorio, Laptop portátil, Tablet electrónica ó teléfono celular.
RN06	Material de uso	Se requiere que los Usuarios el cual hagan uso de la aplicación web, deberán de disponer de hojas blancas de preferencia o en su defecto cuadriculada o de raya con fondo blanco y un lápiz o bolígrafo de color negro.
RN07	Modificación de la BD	Solo los miembros autorizados pueden realizar alguna modificación de la BD.

3.3. Análisis de requisitos

En la sección, se expondrán tanto los requisitos funcionales como los no funcionales asociados al Prototipo de Aplicación Web. En los requisitos funcionales se abarcará el back end y el front end. Mientras tanto, en los requisitos no funcionales se abarcará de manera general a quiénes estará dirigido la aplicación web, cómo se les hará llegar y demás características las cuales, se espera que el prototipo de aplicación web cumpla; del mismo modo, se especificarán detalles de cada requisito (Importancia, Urgencia, Estado y Estabilidad).

3.3.1. Requisitos funcionales

En esta sección se presentarán las funciones que el prototipo de aplicación web será capaz de realizar, así como las transformaciones que el mismo realiza sobre las entradas para producir salidas. Estos requisitos al tiempo cuento avanza el prototipo de aplicación web nos darán un mayor entendimiento de lo que se necesita del software y servirán de base para todo su desarrollo [33].

Acto seguido, se muestran los requisitos funcionales. Se hace la distinción de backend y frontend, teniendo la *Tabla 3.3.1.1* y *3.3.1.2* asociadas respectivamente, con su respectivo ID, nombre, descripción e importancia en el prototipo de aplicación web a desarrollar.

Tabla 3.3.1.1 Requisitos Funcionales del Frontend

ID	Nombre	Descripción	Importancia
FR-1	Aplicación principal web	El prototipo de aplicación web deberá <i>brindar una aplicación web con el que el usuario pueda interactuar y facilite el acceso a las herramientas principales, la información general y de contacto y una descripción general del sitio.</i>	Vital
FR-2	Visualización de retroalimentación	El prototipo de aplicación web deberá <i>ser capaz de mostrar en pantalla el resultado de enviar una imagen, desde si ésta no es válida, si fue aceptada y la información extra que envíe el backend</i>	Importante
FR-3	Envío de la fotografía del trazo desde la aplicación web	El prototipo de aplicación web deberá <i>facilitar al usuario el poder subir imágenes .png o .jpg, a color o escala de grises y de un tamaño no mayor a 5MB</i>	Vital
FR-4	Página de información adicional	El prototipo de aplicación web deberá <i>poder visualizar más información acerca de la aplicación web:</i> Información de la aplicación web Información de los autores	Poco importante
FR-5	Página de encontrado (404) no	El prototipo de aplicación web deberá <i>presentar una página donde se le indique al usuario que no se encontró lo que se buscaba (Error 404).</i>	Poco importante
FR-6	Accesibilidad multiplataforma	El prototipo de aplicación web deberá <i>ser accesible desde cualquier dispositivo con algún navegador web estándar y actualizado.</i>	Importante
FR-7	Ejercicios de práctica	El prototipo de aplicación web deberá <i>ser capaz de proporcionar ejercicios de práctica al usuario para que éste pueda practicar, así como una visualización multimedia de cómo se deberían trazar los caracteres.</i>	Importante

FR-8	Comunicación de errores	El prototipo de aplicación web deberá <i>detectar los errores que puedan ocurrir durante el funcionamiento de éste y comunicarlos si es pertinente.</i>	Importante
FR-9	Página de inicio de sesión para profesores	El prototipo de aplicación web deberá <i>ofrecer una página para iniciar sesión por parte de usuarios profesores.</i>	Importante
FR-10	Página de inicio de sesión para alumnos	El prototipo de aplicación web deberá <i>ofrecer una página para iniciar sesión por parte de usuarios alumnos (responsables de los alumnos).</i>	Importante
FR-11	Página de inicio de sesión para administradores	El prototipo de aplicación web deberá <i>ofrecer una página para iniciar sesión por parte de usuarios administrativos.</i>	Importante
FR-12	Página de registro de usuario	El prototipo de aplicación web deberá <i>permitir a los usuarios registrarse en la aplicación web, sea con rol de alumno o maestro.</i>	Importante
FR-13	Tipo de Letra de Molde, tanto Mayúscula de Minúscula	El prototipo de aplicación web deberá <i>detectar solamente letras de tipo molde de la lengua española, tal como, mayúsculas y minúsculas.</i>	Vital

Tabla 3.3.1.2 Requisitos Funcionales del Backend

ID	Nombre	Descripción	Importancia
FR-14	Validación de fotografía recibida	<p>El prototipo de aplicación web deberá ser capaz de verificar si la imagen subida a la aplicación puede ser procesada, de ser el caso, pasaría a ser analizada, de otra forma, notificar al usuario que no cumple con las características necesarias y cancelar su procesado.</p> <p>Los puntos para validar serán las dimensiones (tamaño mínimo y máximo, así como la proporción) y el tipo de archivo.</p>	Vital
FR-15	Análisis de la fotografía procesada	<p>El prototipo de aplicación web deberá ser capaz de analizar la imagen subida (previamente procesada) y evaluarla según el modelo previamente entrenado para posteriormente comunicar el resultado.</p>	Vital
FR-16	Almacenamiento de fotografías analizadas	<p>El prototipo de aplicación web deberá almacenar las fotografías procesadas (con su respectivo resultado) para un posterior análisis.</p>	Importante
FR-17	Procesamiento de imagen validada	<p>El prototipo de aplicación web deberá procesar las imágenes para su posterior análisis, esto incluye el cambio de contraste, ajustes de dimensiones, ajustes de colores, etc.</p>	Vital
FR-18	Detección de errores en la aplicación	<p>El prototipo de aplicación web deberá poder detectar errores, registrarlos y recuperarse de ellos. En caso de ser necesario, comunicarlos al usuario o al administrador.</p>	Importante
FR-19	Generación de reportes	<p>El prototipo de aplicación web deberá ser capaz de generar reportes de acuerdo con el usuario que inició sesión (mostrar avances, subidas de archivos anteriores y retroalimentación, si aplica, por parte del maestro).</p>	Importante
FR-20	Validar inicio de sesión	<p>El prototipo de aplicación web deberá poder validar si las credenciales introducidas coinciden con las de algún usuario en la base de datos, de serlo, iniciar su sesión, caso contrario, comunicar el error al usuario.</p>	Importante

3.3.2. Requisitos no funcionales

En el análisis del prototipo de aplicación web se incluyen restricciones tanto de temporización y del proceso de desarrollo, interfaces de usuario, fiabilidad (robustez del sistema, disponibilidad de equipo), mantenimiento, seguridad, portabilidad, estándares.

Los denominados requisitos no funcionales definen las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida y la representación de datos que se utiliza en la interfaz del sistema [34]. Ahora, en la *Tabla 3.2.2.1*, se indican los requisitos no funcionales, con su respectivo ID, nombre y descripción en el prototipo de aplicación web a desarrollar.

Tabla 3.3.2.1 Requisitos No Funcionales

ID	Nombre	Descripción
NFR-1	Costo de infraestructura	El prototipo de aplicación web deberá <i>tener una recuperación del costo de las plataformas utilizadas, así como el de las licencias y equipo adicional que se puedan llegar a requerir.</i>
NFR-2	Disponibilidad	El prototipo de aplicación web deberá <i>estar disponible las 24 horas.</i>
NFR-3	Mantenibilidad	El prototipo de aplicación web deberá <i>ser capaz de ser corregible en caso de que errores sean encontrados.</i>
NFR-4	Confidencialidad	El prototipo de aplicación web deberá <i>proporcionar a todos los usuarios confidencialidad, el acceso a los datos de éstos se limitará a dichos usuarios y a los administradores (éste no podrá hacer mal uso de los datos).</i>
NFR-5	Usabilidad	El prototipo de aplicación web deberá <i>manejar vistas interactivas e intuitivas que le faciliten al usuario (profesores y padres de alumnos en primer grado de primaria) su uso.</i>
NFR-6	Competitividad	El prototipo de aplicación web deberá <i>ofrecer características análogas que otros sistemas con un enfoque similar tengan, así como un distintivo que lo diferencie de éstos.</i>
NFR-7	Eficacia computacional	El prototipo de aplicación web deberá <i>hacer un uso adecuado y bien planificado de los recursos disponibles (tanto de backend como de frontend).</i>
NFR-8	Accesibilidad	El prototipo de aplicación web deberá <i>poder ser utilizado por todo tipo de usuario contemplado en el documento que los describe (profesores y padres de alumnos en el primer año de primaria).</i>
NFR-9	Escalabilidad	El prototipo de aplicación web deberá <i>ser capaz de ser mejorable en cuanto a recursos y funcionalidades para abarcar más usuarios y ofrecerles un mejor servicio.</i>
NFR-10	Fiabilidad	El prototipo de aplicación web deberá <i>funcionar con el mínimo de errores de programación o de tecnologías externas auxiliares y ofrecer resultados correctos (o muy cercanos a los correctos) en la medida de lo posible.</i>
NFR-11	Tiempo de procesamiento razonable	El prototipo de aplicación web deberá <i>procesar las peticiones e interacciones de los usuarios en un tiempo menor a 5 segundos (se excluye el tiempo de espera para que la respuesta se refleje en el cliente).</i>

3.4. Metodología

Para el presente desarrollo de Prototipo, se ha seleccionado el Modelo Iterativo-Incremental, dado que es el paradigma el cual se acopla a la realización de la propuesta. Con ello se irá cubriendo las necesidades que posee el equipo de trabajo, en diversos bloques temporales (iteraciones), y mediante la retroalimentación del cliente, se podrán ir corrigiendo, mejorando e implementando nuevas funciones al prototipo inicial de manera creciente, para así, entregar una versión final de calidad. Véase el diagrama de la metodología en la *Error! No se encuentra el origen de la referencia..*

Por otra parte, se pretende tomar como referencia el siguiente estándar **ISO/IEC-9126**, “**Modelo de calidad del producto de software**”. En esta norma, se establecen atributos que permiten calificar si un producto de software maneja de manera adecuada y eficiente, el conjunto de funciones satisface las necesidades para las cuales fue diseñado. Con respecto a nuestro Prototipo de Aplicación Web, será usada hacia un universo en particular de usuarios (alumnos del primer grado de educación primaria pública, de la Alcandía Gustavo A. Madero).

En cuanto al Trabajo Terminal, el número de iteraciones a contemplar son un aproximado de 7 iteraciones que se pretende abarcar. En el curso de las Unidades de Aprendizaje de “Trabajo Terminal 1”, son de 4 iteraciones, dónde se efectuará la planeación, análisis, redacción documental y unos adelantos previos del diseño del Prototipo de Aplicación Web, como de una Técnica de Inteligencia Artificial. Mientras, para “Trabajo Terminal 2”, será un estimado de 3 iteraciones y se llevará a cabo la implementación integra del modelado, análisis y diseño de una técnica de Inteligencia Artificial, codificación, conclusión del Documento Técnico y el Manual de Usuario, como también de las pruebas presenciales del Prototipo de Aplicación Web, de acuerdo con nuestro cronograma de actividades.

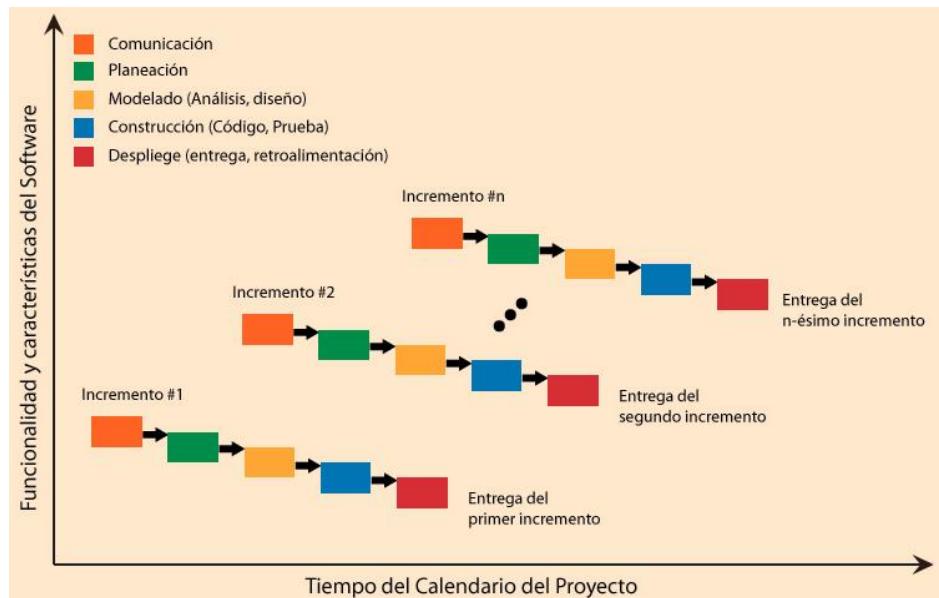


Figura 3.4.1 Diagrama Modelo Iterativo e Incremental

Las características que requiere el prototipo de aplicación web, tal cual lo marca la norma son:

1. Funcionalidad
2. Confiabilidad
3. Usabilidad
4. Eficiencia
5. Mantenibilidad
6. Portabilidad
7. Satisfacción

3.5. Diseño Conceptual de la Base de Datos

El diseño conceptual de una base de datos es el primer paso en el proceso de diseño de una base de datos, este consiste en la creación de un modelo de datos que describa la estructura y las relaciones entre los datos que se almacenarán en la base de datos, permitiendo definir los requisitos y especificaciones para la creación de la base de datos. Este sirve como guía para el desarrollo del diseño lógico.

3.5.1. Descripción de Requisitos

Se requiere modelar una base de datos que permita la gestión de un Prototipo de Aplicación Web en la mejora en la caligrafía mediante una Red Neuronal Artificial. Los usuarios que utilizan este prototipo cumplen con cuatro roles: Un usuario invitado, un usuario alumno, un usuario profesor y un usuario administrador.

El Usuario Invitado podrá hacer uso de la red neuronal ingresando la fotografía que ingresó; sin embargo, la corrección en PDF ni su documento se almacenará en la base de datos, sólo en el navegador. El usuario invitado no necesita generar un registro en la aplicación web.

El usuario alumno tendrá que hacer su registro en la aplicación web, dónde se deberá indicar que se desea ser un usuario alumno. Se almacenará su nombre completo, correo electrónico, escuela y el año nivel escolar que cursa. Asimismo, se tendrá que enviar un correo electrónico de validación al e-mail registrado para tener acceso a todas las funcionalidades de la aplicación web. El usuario alumno podrá registrarse a grupos de los usuarios profesores mediante códigos únicos generados de forma aleatoria pertenecientes a un único profesor a través de la página. Un usuario alumno puede registrarse a varios grupos de usuarios profesores y varios grupos de usuarios profesores puede tener varios usuarios alumnos.

De igual manera, el usuario alumno podrá hacer uso de la red neuronal, enviando su imagen para su calificación caligráfica, donde el resultado será un PDF de la imagen presentada junto a la evaluación cuantitativa asociada. Por último, en la aplicación web pedirá que si se desea compartir a algún grupo donde esté presente el usuario alumno con objeto de que el profesor pueda verlo de igual manera y brindar retroalimentación. Esta se almacenará en la base de datos donde sólo el usuario que la envió y el que comentó podrán verlo.

El usuario profesor hará su registro en la aplicación web indicando que es un usuario profesor y obteniendo los datos que se consideren relevantes para su registro y almacenamiento en la base de datos. El profesor podrá tener a su disposición códigos únicos generados aleatoriamente que representarán grupos en los cuales los usuarios alumnos podrán registrarse. El profesor podrá ver y comentar las evaluaciones que ha proporcionado la red neuronal a los alumnos inscritos en los grupos asociados a éste y que estos alumnos decidan compartir.

El usuario administrador tendrá a su disposición todos los permisos para un CRUD completo de la aplicación web.

Todos los usuarios tendrán acceso a la sección de recursos multimedia dentro de la aplicación web, donde solamente es necesario almacenar enlaces de la plataforma “YouTube” para su despliegue dentro de la página.

3.5.1.1. Identificación de Entidades

- Usuario
- Usuario Alumno
- Usuario Profesor
- Usuario Administrador
- Grupo
- Archivo
- Comentario
- Multimedia

3.5.1.2. Identificación de Atributos Antes de Cardinalidad

- Usuario
 - Id Usuario (PK)
 - Nombre Completo
 - Nombre
 - Apellido Paterno
 - Apellido Materno
 - Correo Electrónico
 - Contraseña
 - Fecha de registro
 - Validado
- Usuario Alumno
 - Grado en Curso
 - Escuela
 - Rol
- Usuario Profesor
 - Escuela
 - Grado que imparte
 - Rol

- Usuario Administrador
 - Rol
- Grupo
 - Id Grupo (PK)
 - Código Grupo
- Archivo
 - Id Archivo (PK)
 - Ruta Archivo
 - Fecha Creación
 - Puntuación
- Comentario
 - Id Comentario (PK)
 - Texto
 - Fecha Creación
- Multimedia
 - Id Multimedia (PK)
 - Título
 - URL

3.5.1.3. Identificación de Relaciones

- **Usuario Alumno**
 - Alumno Tiene: Archivo
 - Alumno Inscrito: Grupo
- **Usuario Profesor**
 - Profesor Tiene: Grupo
 - Profesor Genera: Comentario
- **Grupo**
 - Grupo Tiene: Archivos
- **Archivo**
 - Archivo Tiene: Comentario

3.5.1.4. Identificación de Restricciones

3.5.1.4.1. Restricciones de Clave Primaria para Entidades

Para la restricción de claves primarias, se decidió que cada entidad tuviese su identificador propio.

3.5.1.4.2. Restricciones de Cardinalidad

- **Relación Subió**
 - Alumno -1- Subió – Archivo: Un Archivo sólo es subido por un Alumno
 - Alumno – Subió –N- Archivo: Un Alumno puede subir varios Archivos

- **Relación Inscrito**
 - Alumno –N- Inscrito – Grupo: Un Grupo puede tener inscritos a N Alumnos
 - Alumno – Inscrito –M- Grupo: Un Alumno puede estar inscrito a M Grupos
 - **Relación Tiene Grupo**
 - Profesor –1- Tiene Grupo– Grupo: Un Grupo pertenece a un solo Profesor
 - Profesor – Tiene Grupo –N- Grupo: Un Profesor puede tener N Grupos
 - **Relación Genera**
 - Profesor –1- Genera – Comentario: Un Comentario sólo puede ser generado por un Profesor
 - Profesor – Genera –N- Comentario: Un Profesor puede generar N Comentarios
 - **Relación Tiene Archivos**
 - Grupo –N- Tiene Archivos – Archivo: Un Archivo puede pertenecer a N Grupos
 - Grupo – Tiene Archivos -M- Archivos: Un Grupo puede tener M Archivos
 - **Relación Tiene Comentarios**
 - Archivo –1- Tiene Comentarios – Comentario: Un Comentario pertenece a un único Archivo
 - Archivo – Tiene Comentarios –N- Comentario: Un Archivo tiene N Comentarios
- 3.5.1.4.3. Identificación de Entidades y Atributos Despues de Cardinalidad
- **Usuario**
 - Id Usuario (PK)
 - Nombre
 - Apellido Paterno
 - Apellido Materno
 - Correo Electrónico
 - Contraseña
 - Fecha de registro
 - Validado
 - **Usuario Alumno**
 - Grado en curso
 - Escuela
 - Rol

- Usuario Profesor
 - Escuela
 - Grado que imparte
 - Rol
- Usuario Administrador
 - Rol
- Grupo
 - Id Grupo (PK)
 - Id Profesor (FK)
 - Código Grupo
- Archivo
 - Id Archivo (PK)
 - Id Alumno (FK)
 - Ruta Archivo
 - Fecha Creación
 - Puntuación
- Comentario
 - Id Comentario (PK)
 - Id Profesor (FK)
 - Id Archivo (FK)
 - Texto
 - Fecha
- Multimedia
 - Id Multimedia (PK)
 - Título
 - URL
- Inscrito
 - Id Inscrito (PK)
 - Id Usuario (FK)
 - Id Grupo (FK)
- Tiene Archivos
 - Id TA (PK)
 - Id Grupo (FK)
 - Id Archivos (FK)

3.5.2. Diagrama Entidad-Relación

A continuación, se ilustra en la Figura 3.5.6.1, el Diagrama Entidad-Relación, el cual muestra la definición y relación entre de todas las entidades o elementos clave que posee el prototipo de aplicación web en fase de desarrollo.

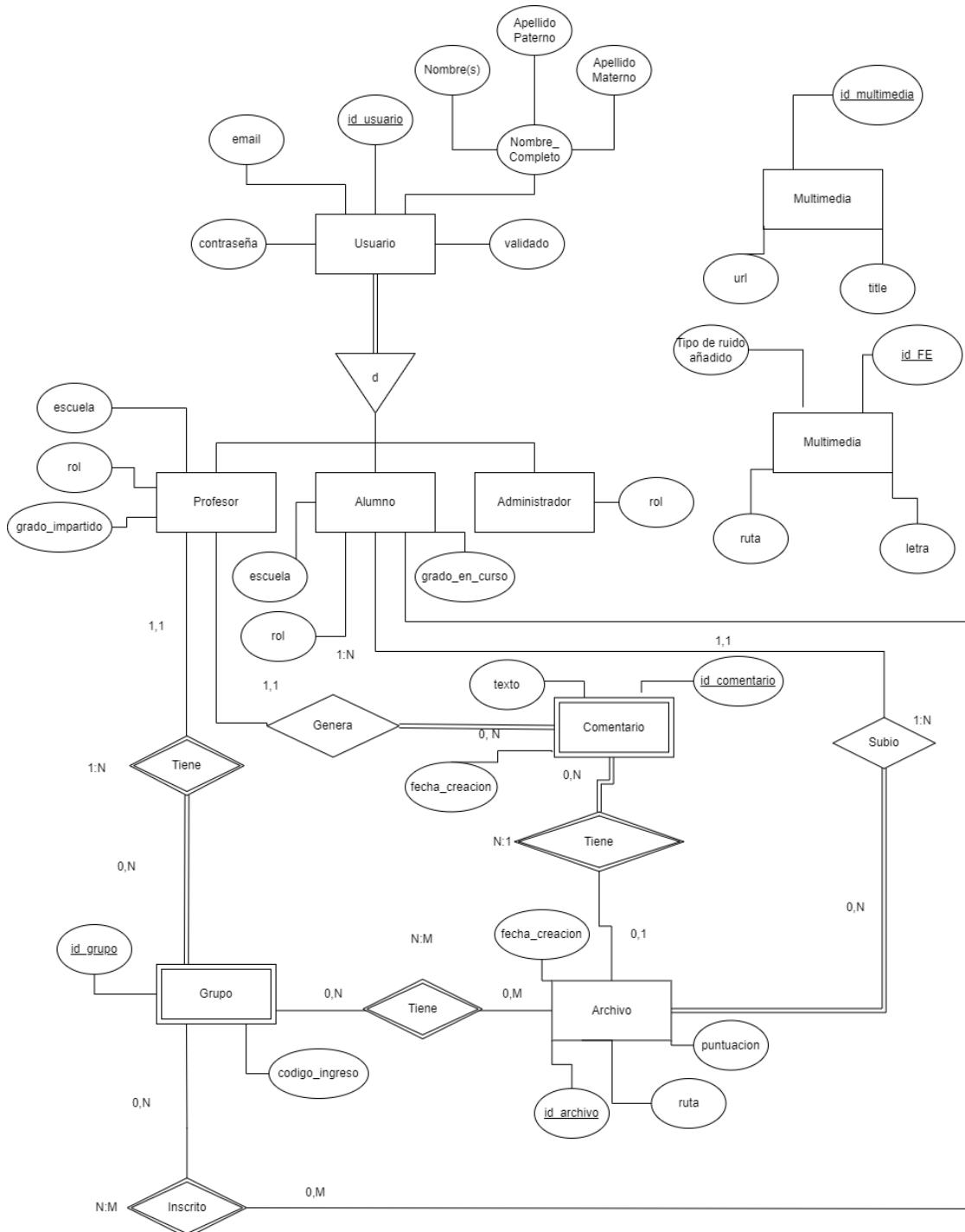


Figura 3.5.6.1 Diagrama Entidad-Relación, elaboración propia

3.6. Diagrama de Caso de Uso

Un caso de uso narra una historia estilizada sobre cómo interactúa un usuario final (que tiene cierto número de roles posibles) con el sistema en circunstancias específicas. Sin importar su forma, un caso de uso ilustra el software o sistema desde el punto de vista del usuario final [35].

Un diagrama de casos de uso consta de los siguientes elementos:

- Actor.
- Caso de uso.
- Relaciones de uso, herencia y comunicación

En cuanto a la *Figura 3.6.1*, se ilustra el diagrama de caso de uso general, que establece cada uno de los roles o acciones que realizan los 4 actores dentro del prototipo de aplicación web

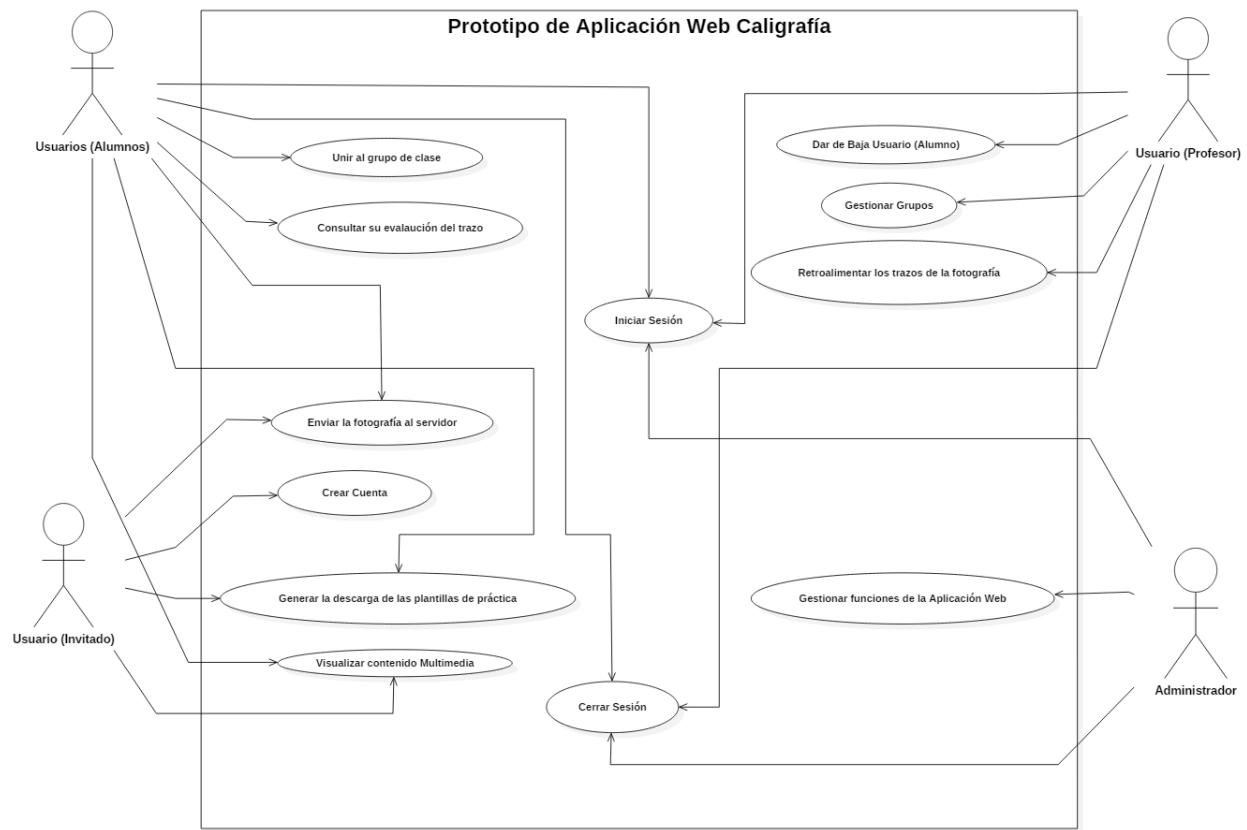


Figura 3.6.1 Diagrama de Caso de Uso, elaboración propia

3.7. Diagramas de Secuencia

El segundo tipo de representación del comportamiento, llamado diagrama de secuencia en UML, indica la forma en la que los eventos provocan transiciones de un objeto a otro. Una vez identificados los objetos por medio del análisis del caso de uso, el modelador crea un diagrama de secuencia: representación del modo en el que los eventos causan el flujo de uno a otro como función del tiempo. En esencia, el diagrama de secuencia es una versión taquigráfica del caso de uso [34].

Enseguida, se ilustrarán los diagramas de secuencia más relevantes de cada acción del diagrama de caso de uso descritos de la Figura 3.6.1, Para fines de simplificación de la documentación en turno, sólo se resaltarán las *Figuras 3.7.1.1, 3.7.1.2, 3.7.1.3, 3.7.1.4, 3.7.2.1, 3.7.3.1 y 3.7.3.2*; de los diagramas de secuencia del Alumno, Profesor e Invitado en la implementación del Prototipo de Aplicación Web. Ahora bien, para visualizar los demás diagramas de secuencia, cuyas *Figuras son 3.7.1.5, 3.7.1.6, 3.7.1.7, 3.7.2.2, 3.7.2.3, 3.7.2.4, 3.7.2.4, 3.7.3.3, 3.7.3.4 y 3.7.3.3*; remítase a la **sección de Anexos** [36].

3.7.1. Diagramas de Secuencia Usuario (Alumnos)

En la *Figura 3.7.1.1*, se define la descripción de cada interacción entre los objetos o eventos del Caso de Uso, llamado Unir al grupo de clase. Por otra parte, se puntuiza un cuadro de alternativas a seguir en caso de que exista una falla durante el proceso de comunicación entre los objetos.

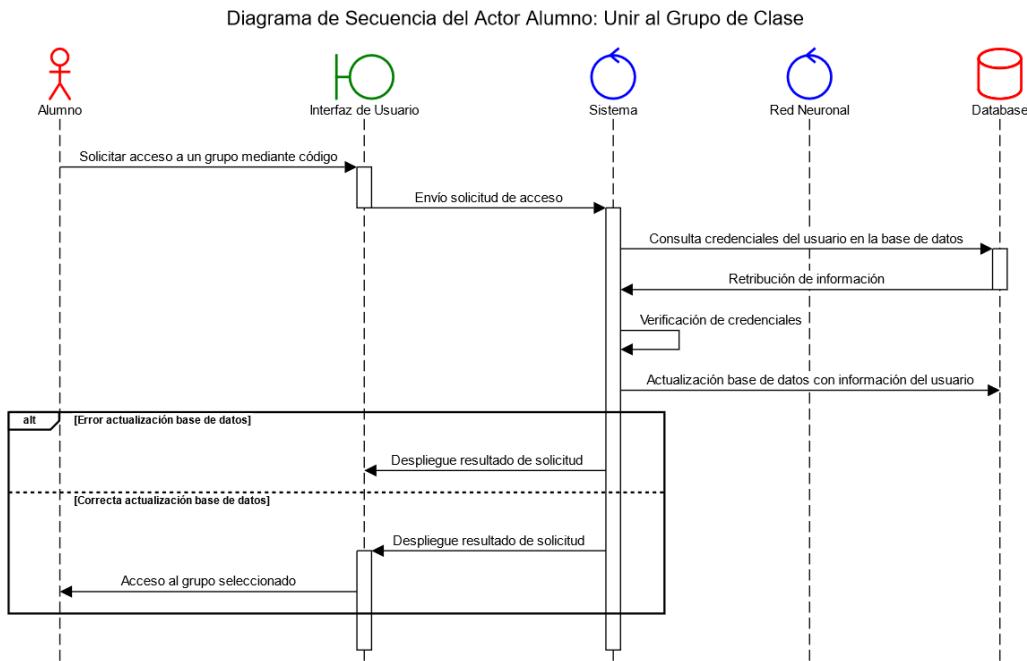


Figura 3.7.1.1 Diagrama de Secuencia del Usuario Alumno Unir al grupo de clase

En la *Figura 3.7.2*, se muestra el diagrama de secuencia de consultar su evaluación del trazo del alumno, como también el mostrar los pasos involucrados, entre la interacción de los objetos.

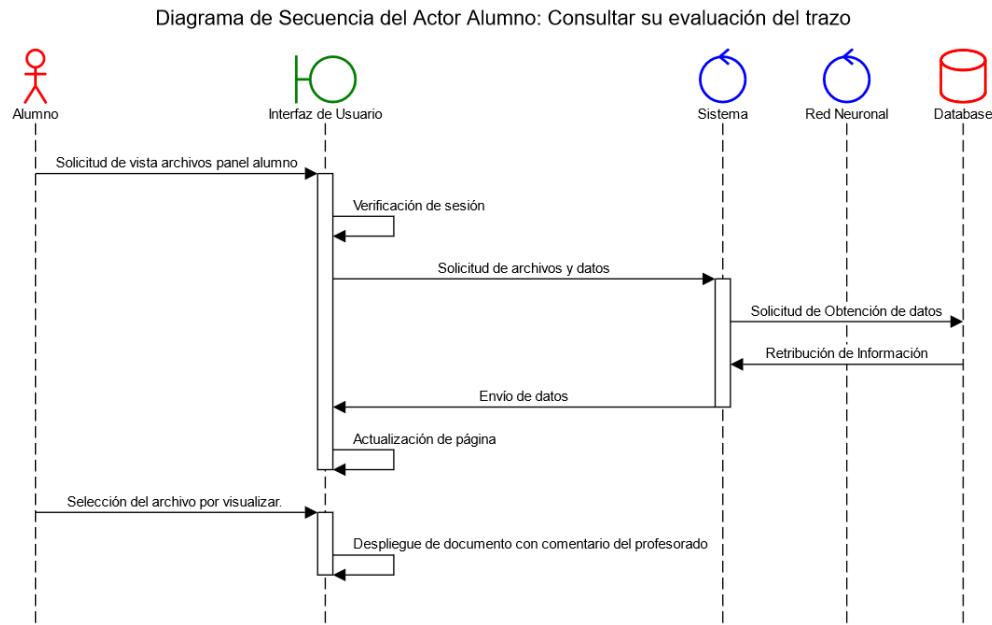


Figura 3.7.1.2 Diagrama de Secuencia del Usuario Alumno Consultar su evaluación del trazo

En la *Figura 3.7.1.3*, se detalla la descripción de cada proceso entre los objetos o eventos del Caso de Uso, llamado Enviar la fotografía al servidor por parte del alumno. Asimismo, se puntuiza un cuadro de alternativas a seguir en caso de existir alguna falla durante el proceso de comunicación entre los objetos.

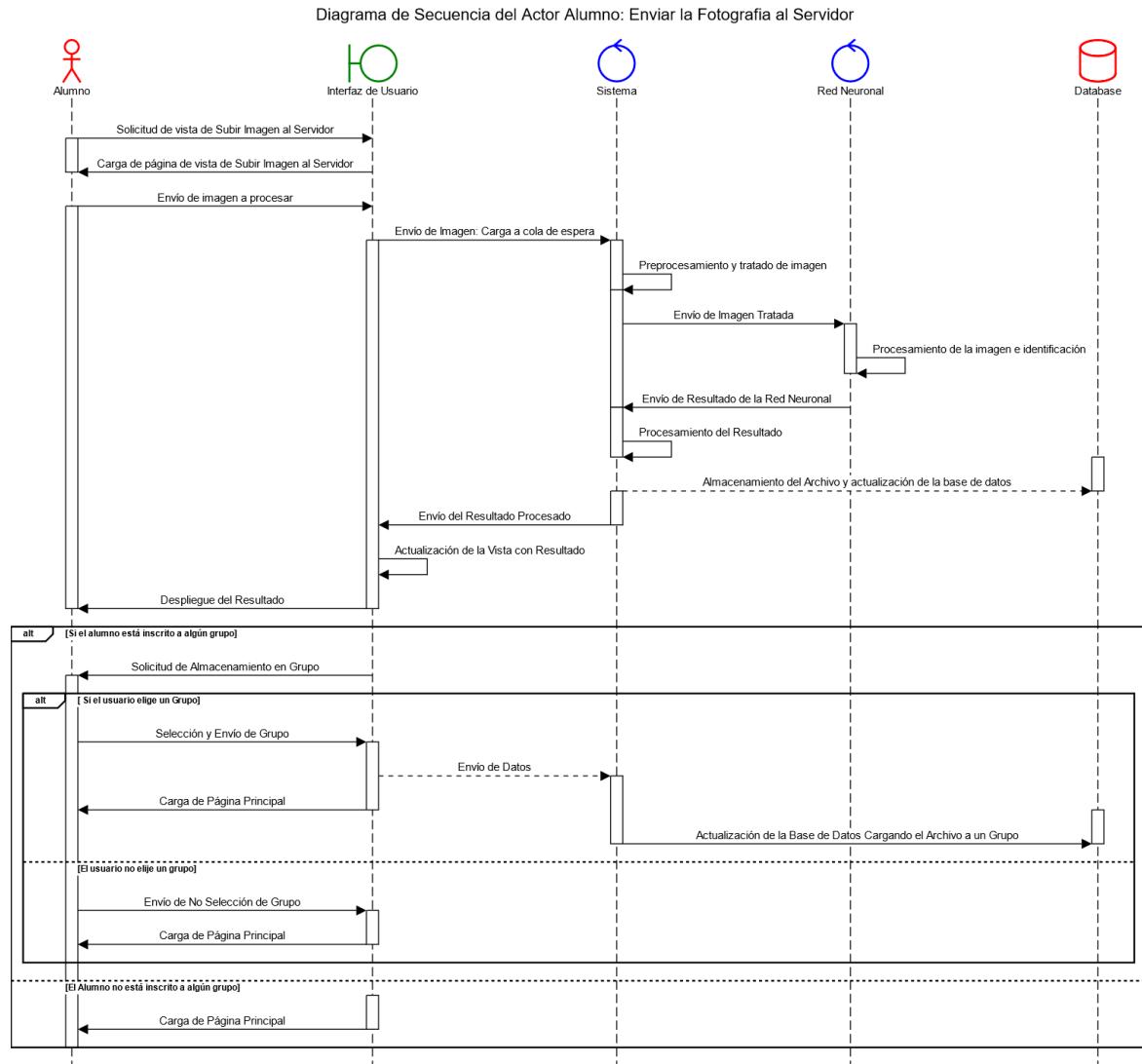


Figura 3.7.1.3 Diagrama de Secuencia del Usuario Alumno Enviar la fotografía al servidor

En la *Figura 3.7.1.4*, se muestra el diagrama de secuencia para generar la descarga de las plantillas de práctica del alumno, de igual manera el mostrar los pasos involucrados, entre la comunicación de los objetos.

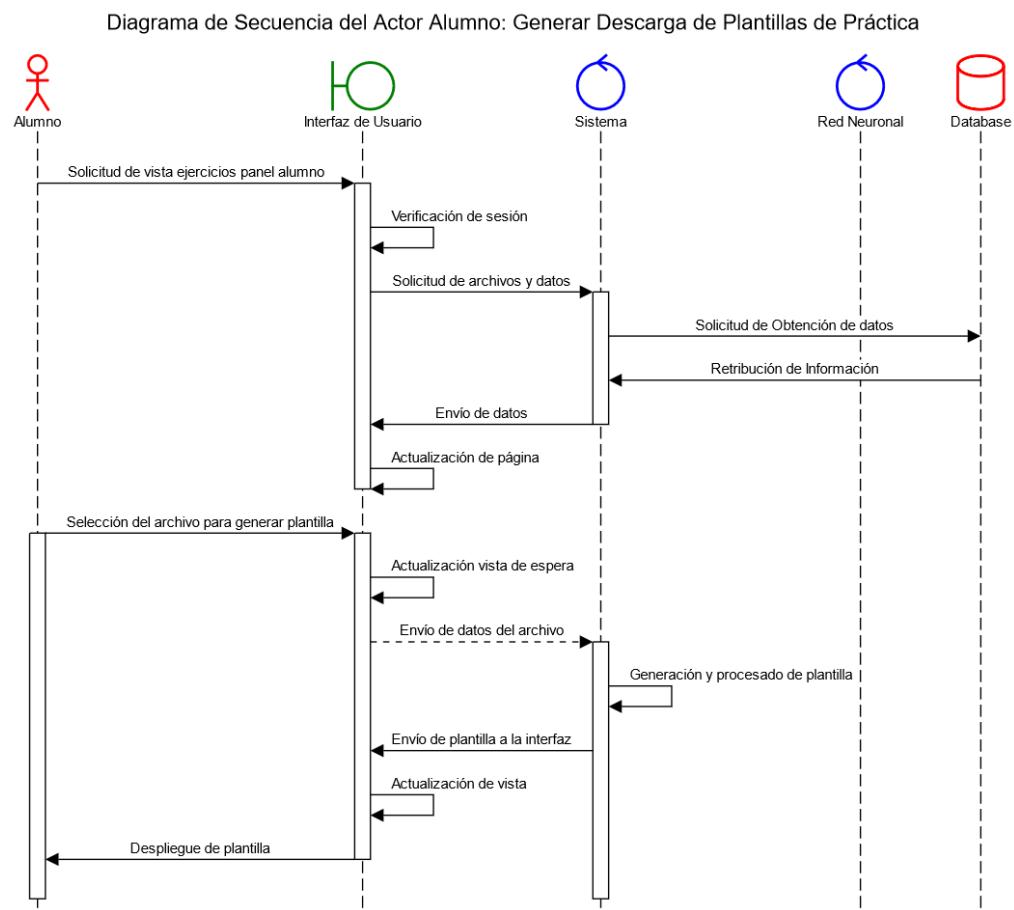


Figura 3.7.1.4 Diagrama de Secuencia del Usuario Alumno Generar la descarga de las plantillas de práctica

3.7.2. Diagramas de Secuencia Usuario (Profesor)

En la *Figura 3.7.2.1*, se detalla la descripción de cada interacción entre los objetos o eventos del Caso de Uso, llamado retroalimentar los trazos de la fotografía, por parte del profesor.

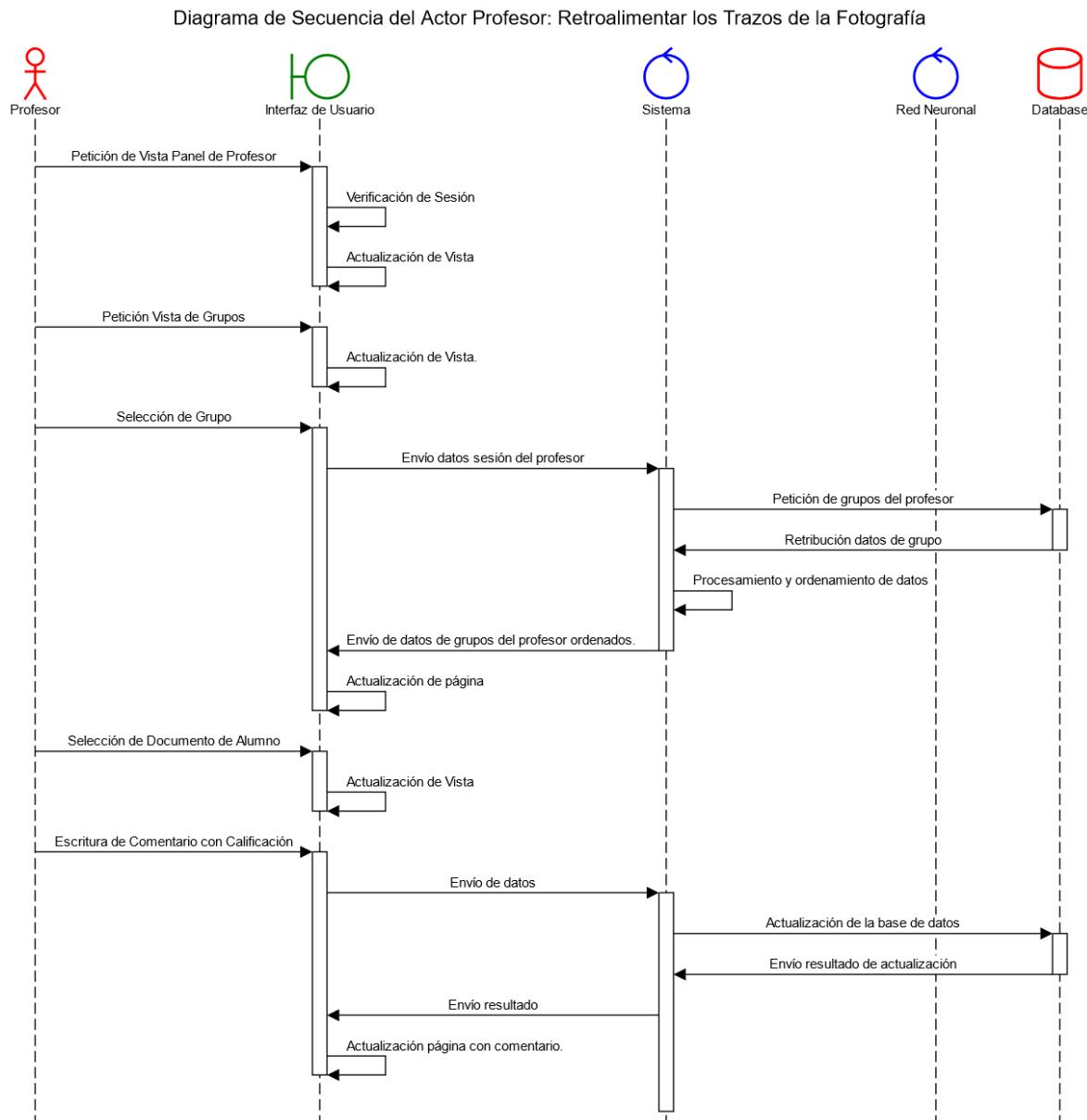


Figura 3.7.2.1 Diagrama de Secuencia del Usuario Profesor Retroalimentar los trazos de la fotografía

3.7.3. Diagramas de Secuencia Usuario (Invitado)

En la *Figura 3.7.3.1*, se define la descripción de cada proceso entre los objetos o eventos del Caso de Uso, llamado Enviar la fotografía al servidor por parte del invitado.

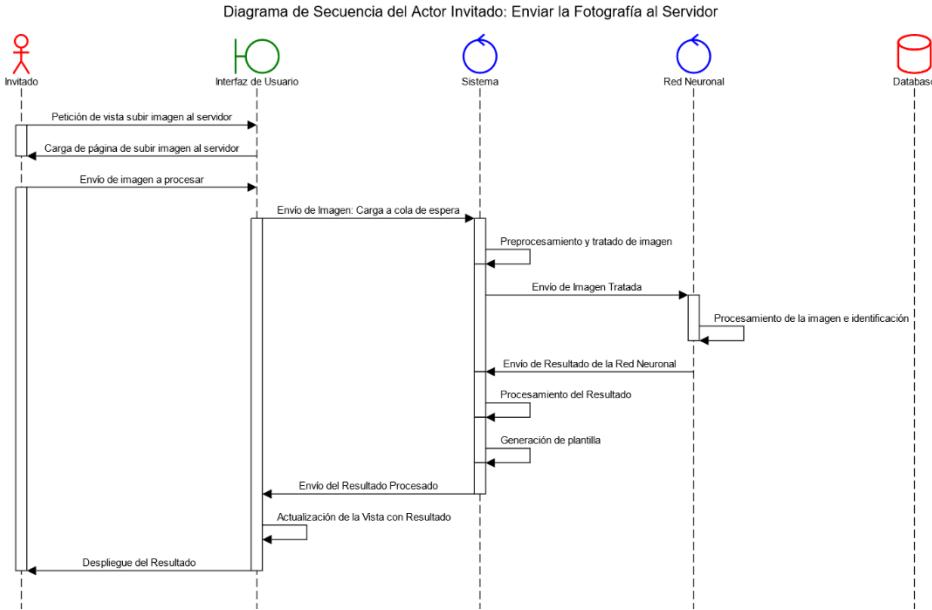


Figura 3.7.3.1 Diagrama de Secuencia del Usuario Invitado Enviar Fotografía al Servidor

En la *Figura 3.7.3.2*, se muestra el diagrama de secuencia para generar la descarga de las plantillas de práctica del invitado, de igual manera el mostrar los pasos involucrados, entre la comunicación de los objetos.

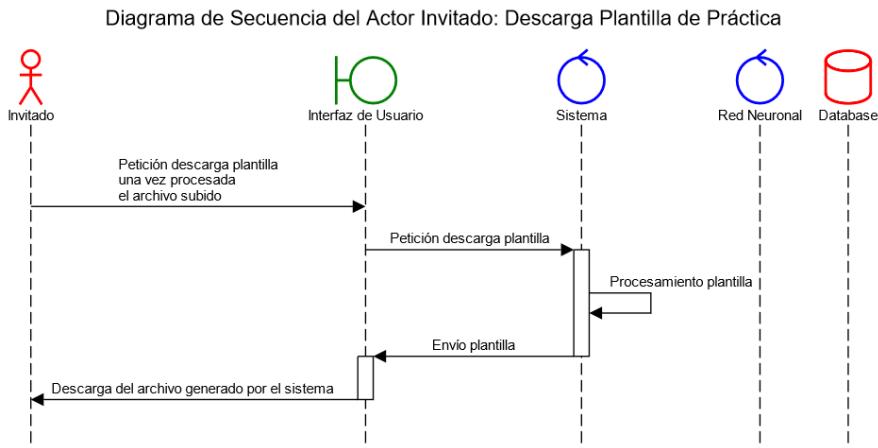


Figura 3.7.3.2 Diagrama de Secuencia del Usuario Invitado Generar la descarga de la plantilla única de práctica

3.8. Diagrama de Estados

Un diagrama de estado UML (también llamado diagrama de estado, diagrama de transición de estados o diagrama de máquina de estados), es un modelo de comportamiento que consiste en acciones y estados o transiciones a otros estados. El diagrama proporciona un estado inicial y uno final, así como al menos un estado intermedio para cada objeto. Este diagrama permite, representar el ciclo de vida completo de cualquier sistema, subsistema o componentes o clases [35].

Ahora, en la *Figura 3.8.1*, se muestra el diagrama de estados el cual se define e ilustra cada uno de los estados y eventos que ocasionan que el prototipo de aplicación web cambie de estado, donde el estado inicial es Iniciar la Aplicación Web, para luego derivar en cada una de las transiciones, hasta llegar al estado final, que es Cerrar la Aplicación.

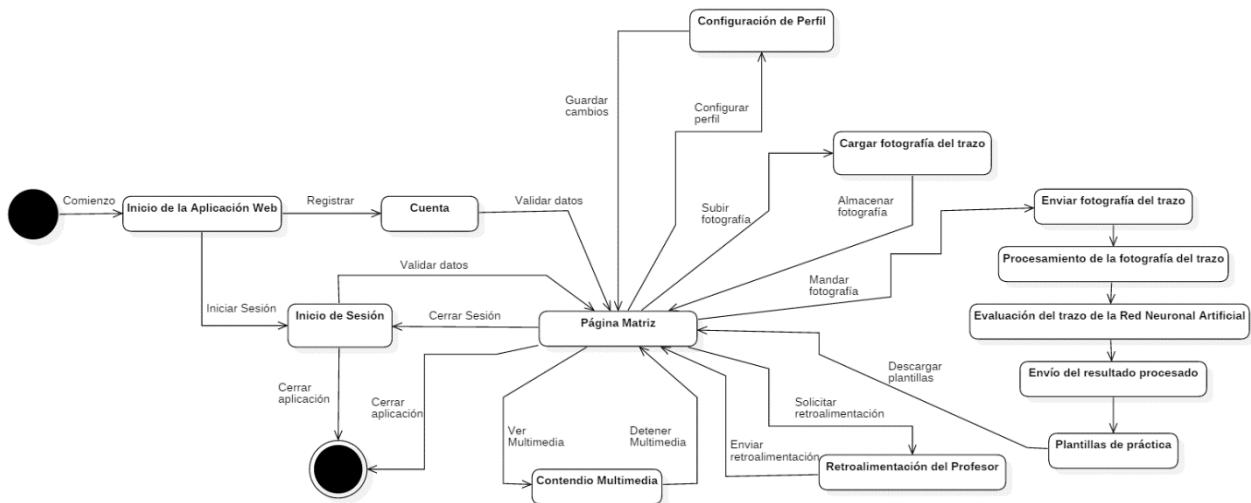


Figura 3.8.1 Diagrama de Estados, elaboración propia

3.9. Tablero de Asana de Diagrama de Actividades

En el contexto del Trabajo Terminal, en el rubro de investigación, es importante establecer una distinción clara entre el uso de un diagrama de actividades UML y el empleo de un tablero de gestión de tareas como Asana. Ambos enfoques tienen diferentes propósitos y aplicaciones, y es esencial destacar cómo se utiliza cada uno en el prototipo de aplicación web.

El diagrama de actividades UML se utiliza principalmente en el desarrollo de software para representar el flujo de trabajo, la lógica y las interacciones entre diferentes actividades y/o componentes del sistema. Este diagrama se centra en los aspectos técnicos y estructurales del desarrollo del software y es ampliamente utilizado en la ingeniería de software [35].

Por otro lado, hemos utilizado un tablero de Asana para gestionar y representar las actividades y tareas específicas que deben llevar a cabo los integrantes del equipo durante el desarrollo del Trabajo Terminal en la parte de investigación. Asana es una herramienta de gestión de proyectos y tareas en línea que permite organizar, asignar, priorizar y dar seguimiento a las actividades y responsabilidades individuales y colectivas.

Al utilizar un tablero de Asana en lugar de un diagrama de actividades UML en el Trabajo Terminal, se adoptó una herramienta más adecuada para la gestión y seguimiento de las tareas y actividades específicas relacionadas con el prototipo de aplicación web. Dicha elección contribuye a mejorar la colaboración, la comunicación y el control del progreso del prototipo de aplicación web en comparación con el enfoque más técnico y estructurado del diagrama de actividades UML.

De este modo, en las *Figuras 3.9.1* y *3.9.2*, se presenta el Tablero de gestión de inicio y término de cada una de las actividades a efectuar, durante el desarrollo de la documentación del Trabajo Terminal.

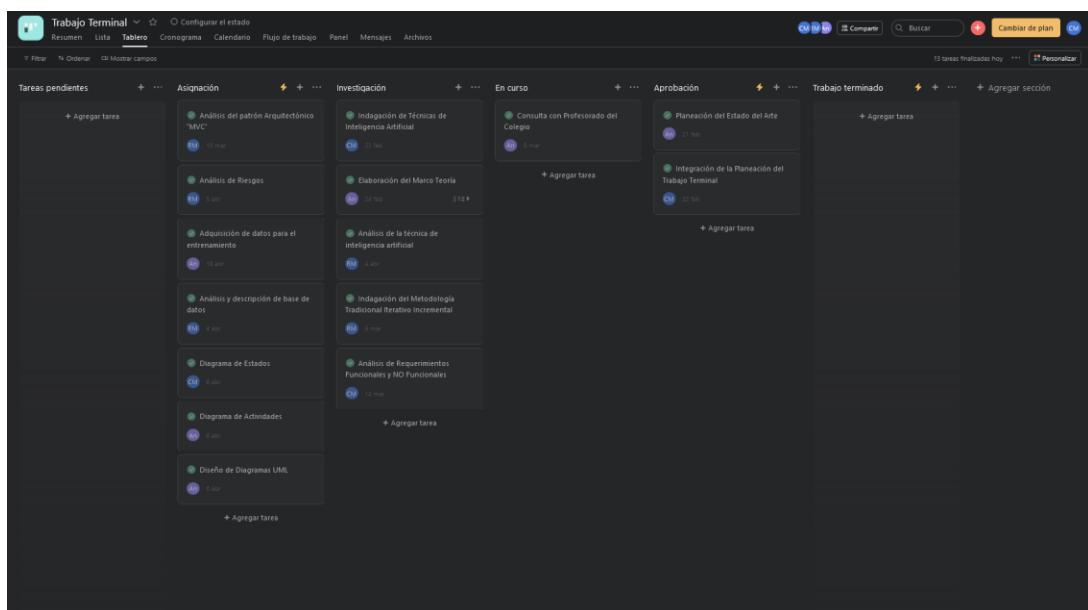


Figura 3.9.1 Diagrama de Actividades, elaboración propia para 08 de marzo de 2023

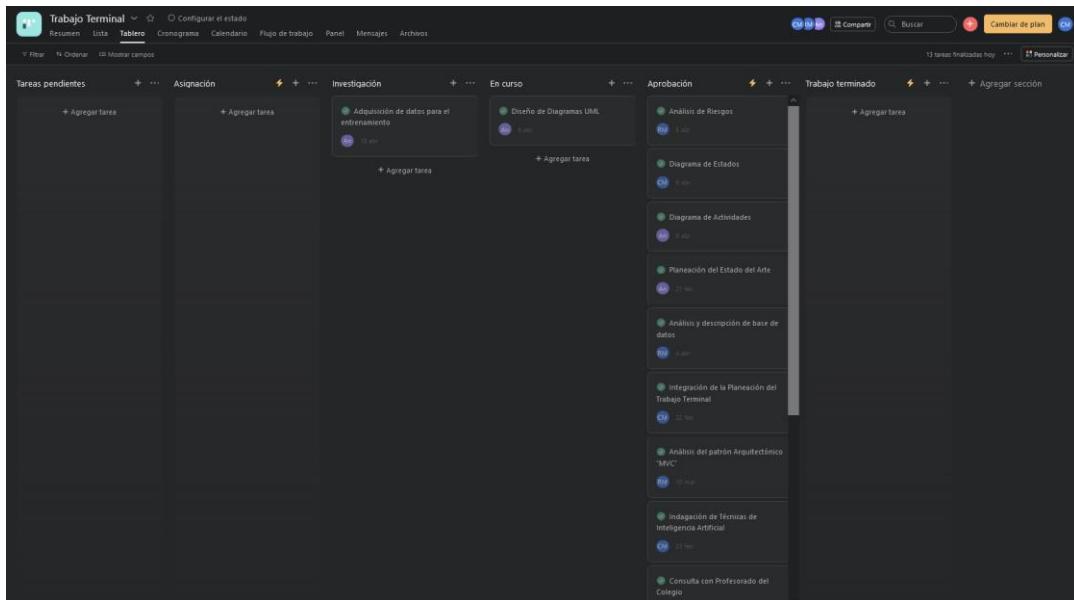


Figura 3.9.2 Diagrama de Actividades, elaboración propia para 17 de mayo de 2023

3.10. Factibilidad

El estudio de factibilidad es una herramienta que ayuda en la toma de decisiones sobre un proyecto. Se enfoca en evaluar el rendimiento del proyecto y se formula utilizando información confiable para medir las posibilidades de éxito o fracaso. El resultado del estudio es utilizado para tomar la decisión de continuar o no con la implementación del prototipo de aplicación web.

3.10.1. Factibilidad técnica

Estudia la posibilidad tecnológica, de infraestructura legal, ambiental y geográfica para que el proyecto pueda ser llevado satisfactoriamente con el menor riesgo posible. Se basa en la evaluación de los recursos disponibles y el arreglo de los procesos permitan la transformación de una situación actual en una mejor situación en el futuro. Las herramientas tecnológicas son divididas en software y hardware para el posible desarrollo del prototipo de aplicación web.

Software

El software es una parte esencial y fundamental en la elaboración del prototipo de aplicación web, debido a que con ello se desarrollará la aplicación web y el servidor, los cuales serán necesarios.

Para poder seleccionar una herramienta apropiada de software se integró un esquema comparativo entre las herramientas potencialmente efectiva.

Enseguida, se ejemplifica en la *Tabla 3.10.1.1* un comparativo entre los principales Entornos de Desarrollo, con sus respectivas especificaciones, con los cuales se elegirá uno para trabajar.

Tabla 3.10.1.1 Esquema comparativo de los principales Entornos de Desarrollo posibles para trabajar

Especificaciones	Visual Studio Code	Atom	NetBeans	IntelliJ	Eclipse
Lenguajes de Programación	.NET, C#, Visual Basic, F#, JavaScript, TypeScript, y otros	JavaScript, CSS, HTML, y otros	Java, PHP, C/C++, HTML5, y otros	Java, Kotlin, Groovy, Scala, y otros	Java, C/C++, Python, PHP, Ruby y otros
Sistemas Operativos Compatibles	Windows, Mac, Linux	Windows, Mac, Linux	Windows, Mac y Linux	Windows, Mac, Linux	Windows, Mac, Linux
Licencia	Propietario	MIT	Apache 2.0	Community Edition: Apache 2.0, Ultimate Edition: Propietario	Eclipse Public License
Integración con Control de Versiones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Compatibilidad con Frameworks	.NET, ASP.NET, Node.js, Angular, React y otros dependiendo su configuración	Angular, React, y otros	JavaServer Faces, Struts, Hibernate y otros	Spring, JavaServer Faces, Struts, Hibernate, y otros	Spring, JavaServer Faces, Struts, Hibernate y otros
Costo	Community Edition: Gratis, Professional y Enterprise Edition: Precio varía según la licencia	Gratis	Gratis	Community Edition: Gratis, Ultimate Edition: Precio varía según la licencia	Gratis

Teniendo en cuenta la versatilidad, el precio, el apoyo que tiene por parte de la comunidad y de la empresa al que pertenece (junto a las integraciones que estos propician), la compatibilidad y la experiencia personal del equipo con éste, Visual Studio Code ha sido la opción elegida para llevar a cabo este prototipo de aplicación web.

Posteriormente, en la *Tabla 3.10.1.2*, se realizó un comparativo entre los distintos frameworks de desarrollo web existentes, con sus especificaciones que permiten generar la interfaz de usuario y en dónde se seleccionará el que más de acople al desarrollo de la aplicación web.

Tabla 3.10.1.2 Cuadro comparativo de las Herramientas para la creación de Aplicaciones Web

Especificaciones	React.js	AngularJS	Vue.js	Bootstrap	Materialize
Lenguaje Base	JavaScript	JavaScript	JavaScript	CSS, JavaScript	CSS, JavaScript
¿Qué es?	Framework de JavaScript para desarrollar interfaces de usuario	Framework de JavaScript para desarrollar aplicaciones web dinámicas	Framework de JavaScript para construir interfaces de usuario	Framework de CSS y JavaScript para crear diseños responsivos	Framework de CSS y JavaScript para utilizar el diseño material de Google
Lenguajes de Programación soportados	JavaScript, TypeScript	JavaScript	JavaScript	HTML, CSS, JavaScript	HTML, CSS, JavaScript
Versatilidad entre lenguajes (Capacidad para trabajar con múltiples lenguajes)	Baja	Alta	Alta	Baja	Baja
Versatilidad General	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Soporte de Desarrollo en el Navegador	Soporte para navegadores modernos	Soporte para navegadores modernos	Soporte para navegadores modernos	Soporte para navegadores modernos	Soporte para navegadores modernos
Actualizaciones en tiempo real	Sí	Sí	Sí	No	No
Disponibilidad recursos de aprendizaje	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Facilidad de Integración con APIs	Fácil	Moderado	Fácil	Moderado	Moderado

Facilidad de Integración con I.A.	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
-----------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------

Mientras que React.js, Vue.js y Angular.js tienen una cercanía muy buena con Node.js, el aspecto determinante de la elección fue la familiaridad del equipo con las tecnologías, siendo Bootstrap la más cercana a la experiencia del equipo de trabajo.

Si bien, es cierto que los primeros 3 frameworks se acoplan con Node.js bastante bien y podrían generar una interfaz con mucho potencial (dado los complejos paradigmas que siguen), el objeto principal del prototipo de aplicación web no recae en la estética del sitio.

Si bien, el frontend es un aspecto importante, no se le dará un peso tan elevado como lo tendrá las técnicas de inteligencia artificial o la conexión de frontend con backend, por lo que la elección se reduciría en aquella herramienta que no consuma demasiado tiempo en aprender y acoplar para permitir al equipo de trabajo enfocarse en aspectos de mayor relevancia.

Ya definida la herramienta por utilizar para el desarrollo de la aplicación web, en la *Tabla 3.10.1.3*, se analiza la herramienta gestora de base de datos que permitirá almacenar los datos necesarios para el servidor.

Tabla 3.10.1.3 Comparativa de los gestores de bases de datos

Especificaciones	MySQL	PostgreSQL	MongoDB	SQL Server
Tipo u Orientación	Relacional	Relacional	Documental	Relacional
Licencia	GPL	BSD	SSPL	Propietaria
Costo	Gratis	Gratis	Gratis	Pago
Sistemas Operativos Admitidos	Windows, Linux, Mac OS	Windows, Linux, Mac OS	Windows, Linux, Mac OS	Windows, Linux
SQL	Sí	Sí	No	Sí
Scripts del Lado del Servidor	Sí	Sí	Sí	Sí
Llaves Foráneas	Sí	Sí	No	Sí
Portabilidad	Alta	Alta	Alta	Media
Facilidad de Desarrollo	Alta	Alta	Alta	Alta
Escalabilidad	Alta	Alta	Alta	Alta
Flexibilidad	Alta	Alta	Alta	Alta

En consecuencia, se dará una descripción puntual del significado de algunos de los criterios de especificación que se utilizaron para la comparación entre las distintas opciones.

- ↳ **SQL:** se refiere al soporte de lenguaje de consulta estructurada.
- ↳ **Scripts del lado del servidor:** se refiere a la capacidad de ejecutar scripts o procedimientos en la base de datos.
- ↳ **Llaves foráneas:** se refiere a la capacidad de utilizar llaves foráneas para mantener la integridad en referencias de la base de datos.
- ↳ **Portabilidad:** se refiere a la capacidad de mover la base de datos entre diferentes plataformas y sistemas operativos.
- ↳ **Flexibilidad:** se refiere a la capacidad de la base de datos para adaptarse a diferentes modelos de datos y escenarios de uso.

Para el este apartado la elección será PostgreSQL. Una de las razones que llevaron a la toma de esta decisión fue que la naturaleza de la base de datos que se planea realizar es relacional, principalmente relaciones entre alumnos y profesores, paradigma que PostgreSQL, MySQL y SQL Server tienen como fuerte.

Tomando en cuenta que estas 3 opciones ofrecen prestaciones similares, el segundo factor de filtro fue el precio, siendo SQL Server la única que requiere pago por licencia, dejando así a MySQL y PostgreSQL como las opciones remanentes.

Por último, para elegir entre estas últimas 2 opciones se tomó en cuenta 2 factores, la facilidad que tienen con respecto al uso de objetos y la familiaridad con el equipo de trabajo, siendo PostgreSQL la mejor calificada para dichos aspectos.

Por otro lado, una vez determinada la herramienta gestora de base de datos a utilizar para el desarrollo de la aplicación web, lo posterior a analizar es el servicio de Nube que se elegirá para el despliegue y almacenamiento de los datos necesarios para la aplicación web, dichos servicios son descritos en la *Tabla 3.10.1.4*, la cual, describe los principales servicios de nube existentes en el mercado, teniendo en cuenta sus diversas especificaciones.

Tabla 3.10.1.4 Comparativa de los Servidores de Nube existentes

Especificaciones	Amazon EC2	Google Compute Engine	Microsoft Azure Virtual Machines	DigitalOcean	Heroku
Licencia	Propietaria	Propietaria	Propietaria	Propietaria	Propietaria
Costo	Tarifas basadas en uso	Tarifas basadas en uso o fijas			
Sistemas Operativos admitidos	Gran variedad de Sistemas Operativos	Linux (Debian, Ubuntu, CentOS)			
Portabilidad	Alto	Alto	Alto	Alto	Alta
Facilidad de desarrollo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alta

Escalabilidad	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio
Flexibilidad	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio
Transparencia en el acceso a los datos	Baja	Baja	Baja	Baja	Medio
Interoperabilidad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Elasticidad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Seguridad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

Después, se realiza una descripción conceptual del significado de los criterios de especificación que se utilizaron para la comparación entre las distintas opciones.

- ↳ **Licencia:** se refiere al tipo de licencia que tiene el servicio de servidor, es decir, si es de código abierto o si requiere una licencia de pago para poder utilizarlo.
- ↳ **Costo:** se refiere al costo del servicio de servidor, ya sea de un costo fijo o dependa del uso del servicio.
- ↳ **Sistemas Operativos Admitidos:** se refiere a los sistemas operativos compatibles con el servicio de servidor.
- ↳ **Portabilidad:** se refiere a la facilidad con la que se puede mover el servicio de servidor entre diferentes plataformas o entornos.
- ↳ **Facilidad de desarrollo:** se refiere a la facilidad de uso del servicio de servidor y a la cantidad de recursos y herramientas disponibles para ayudar en el proceso de desarrollo.
- ↳ **Escalabilidad:** se refiere a la capacidad del servicio de servidor para manejar un aumento en la cantidad de usuarios o solicitudes.
- ↳ **Flexibilidad:** se refiere a la capacidad del servicio de servidor para adaptarse a diferentes necesidades y requerimientos.
- ↳ **Transparencia en el acceso a los datos:** se refiere a la claridad y transparencia del servicio de servidor en cuanto a la forma en que maneja y protege los datos de los usuarios.
- ↳ **Interoperabilidad:** se refiere a la capacidad del servicio de servidor para trabajar con diferentes sistemas y tecnologías.
- ↳ **Elasticidad:** se refiere a la capacidad del servicio de servidor para ajustar automáticamente los recursos utilizados en función de la demanda.
- ↳ **Seguridad:** se refiere a la seguridad del servicio de servidor y su capacidad para proteger los datos y la privacidad de los usuarios.

La opción que se eligió fue Heroku, debido a la familiaridad del equipo de trabajo con éste, la versatilidad que tiene y a sus planes gratuitos. No obstante, es una decisión que está sujeta a cambios dependiendo de cómo se desarrolle el prototipo de aplicación web.

Enseguida, en la *Tabla 3.10.1.5*, se ejemplifica las distintas técnicas de inteligencia artificial disponibles y aspectos que llevarán a la elección de una.

Tabla 3.10.1.5 Cuadro Conceptual de las Técnicas de Inteligencia Artificial existentes

Especificaciones	Razonamiento		Aprendizaje		
	Búsqueda en espacios de espacios	Sistemas expertos	Supervisado	No supervisado	Reforzado
Tipo de Problema	Búsqueda y optimización	Inferencias y toma de decisiones	Clasificación y regresión	Agrupamiento y reconocimiento de patrones	Decisiones secuenciales recompensadas
Naturaleza de los Datos con los que Trabaja	Estructurados y definidos	Simbólicos y conocimiento explícito	Etiquetados con o sin estructura	No etiquetados no estructurados	De entorno y recompensa
Tamaño del Conjunto de Datos	Indiferente	Indiferente	Grande	Grande	Grande
Escalabilidad	Variable	Media o baja	Alta	Alta	Alta
Precisión	Alta o exacta	Alta o exacta	Variable	Variable	Variable
Interpretabilidad	Variable	Sencilla	Variable	Compleja	Compleja
Requerimiento de Recursos	Moderado	Moderado o bajo	Moderados o elevados	Moderados o elevados	Moderado o elevado
Lenguaje de Programación Mayormente Utilizado para su Implementación	No hay en particular	Prolog y Lisp ¹²	Python, R y Mathlab	Python, R y Mathlab	Python y C++

Ahora se explica cada punto del cuadro comparativo anterior:

- **Tipo de Problema:** el tipo de problema para el cual la técnica de inteligencia artificial está diseñada o que aborda eficientemente.
- **Naturaleza de los Datos con los que Trabaja:** características de los datos con los que la técnica de inteligencia artificial trabaja (independientemente del tipo de dato, se habla de las características a describir o lo complementar).
- **Tamaño del Conjunto de Datos:** el tamaño de datos con los que usualmente trabajan o es recomendable operen.
- **Escalabilidad:** el cuán factible sea el sistema que la implementa pueda crecer (y por ende de ampliar la cantidad de datos o de hacer más compleja la manera de procesarlos).
- **Precisión:** la calidad de los resultados de la técnica después de haber concluido su ejecución.
- **Interpretabilidad:** el cuán fácil es interpretar los resultados luego de su obtención.

¹² Tanto Prolog como Lisp son lenguajes que permiten la definición de reglas y patrones de inferencia de manera clara y concisa, lo que es esencial en la programación de sistemas expertos.

- **Requerimiento de Recursos:** cuán grande es la demanda de recursos para una ejecución en tiempo razonable.
- **Lenguaje de Programación Mayormente Utilizado para su Implementación:** los lenguajes de programación más usados para su respectiva implementación.

Previamente abordado en la sección 2.4.2.2, la naturaleza del prototipo de aplicación web, posee una medición numérica de la afinidad entre una entrada y modelos de escritura etiquetados favorece el uso del aprendizaje supervisado.

La herramienta más específica que se usará será redes neuronales convolucionales siguiendo una arquitectura LeNet-5. Así mismo, se usará la función de costo entropía cruzada junto a la función de activación Softmax como funciones de clasificación en la última capa de dicha arquitectura, todas características justificadas en la sección 2.4.5.

Por último, se encontró tecnologías para ejecutar dentro de los servicios de la nube y así conectar cada tecnología antes mencionada, se está hablando de las tecnologías de servidor web. Con base a la información disponible en w3techs (sitio que describe tecnologías de software más utilizadas y sus características) [37] [38], se exponen en la Tabla 3.10.1.6 las opciones de dichas tecnologías con sus especificaciones generales.

Tabla 3.10.1.6 Tecnologías para el desarrollo de servidor web

Especificaciones	NGINX	Node.js	Apache	Microsoft-IIS	LiteSpeed
Lenguaje de programación	C	JavaScript/TypeScript	C/C++, Perl, Python, Lua	C#, Visual Basic	C/C++, Perl, Python, PHP, Ruby, Java
Rendimiento	Alto	Alto	Moderado	Moderado	Alto
Escalabilidad	Alta	Alta	Moderada	Moderada	Alta
Modularidad	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta
Compatibilidad	Linux, Windows, BSD y MacOS	Linux, macOS y Windows	Linux, macOS y Windows	Windows	Linux, macOS y Windows
Precio	Gratis	Gratis	Gratis	Variable	Variable
Seguridad	Alta	Alta	Moderada	Moderada	Alta
Soporte y comunidad	Grande	Grande	Grande	Pequeña	Moderada
Familiaridad con el equipo de trabajo (0-nada 10 totalmente)	0	8	7	0	0

Acto continuo, se describe brevemente cada punto de la *Tabla 3.10.1.6*:

- ↳ **Lenguaje de programación:** Se refiere al lenguaje en donde se desarrolla la tecnología que se está considerando para el servidor web.
- ↳ **Rendimiento:** Se refiere a la capacidad de la tecnología para manejar una gran cantidad de solicitudes de los usuarios y entregar respuestas rápidas.
- ↳ **Escalabilidad:** Se refiere a la capacidad de la tecnología para manejar un crecimiento sostenido del tráfico y de los usuarios sin afectar el rendimiento del servidor web.
- ↳ **Modularidad:** Se refiere a la capacidad de la tecnología para ser extendida y personalizada mediante la adición de módulos o complementos adicionales de manera sencilla.
- ↳ **Compatibilidad:** Se refiere a la capacidad de la tecnología para funcionar en diferentes sistemas operativos y con diferentes navegadores web.
- ↳ **Precio:** Se refiere al costo de la tecnología. Algunas tecnologías pueden ser gratuitas, mientras que otras pueden tener un costo asociado dependiendo de la naturaleza de su futuro uso.
- ↳ **Seguridad:** Se refiere a la capacidad de la tecnología para proteger el servidor web contra ataques y vulnerabilidades.
- ↳ **Soporte y comunidad:** Se refiere a la cantidad y calidad del soporte disponible para la tecnología, así como a la comunidad de usuarios respalda y contribuye al desarrollo y mejora de la tecnología.
- ↳ **Familiaridad con el equipo de trabajo (0-nada 10 totalmente):** Se refiere al nivel de experiencia y conocimiento del equipo de trabajo posee, con la tecnología considerada. Es importante que el equipo de trabajo tenga un buen conocimiento de la tecnología para poder trabajar eficientemente en ella. Un nivel de 0 significa que el equipo no tiene experiencia previa en la tecnología, mientras tanto, un nivel de 10 significa que el equipo tiene una amplia experiencia y conocimiento en la tecnología.

La opción elegida fue Node.js debido a la practicidad que ofrece al incorporar nuevos módulos, el precio y la familiaridad del equipo de trabajo, esto sin ignorar las otras características beneficiosas con las que cuenta (altamente escalable, fuertemente soportado, excelente rendimiento y alto grado de seguridad).

La *Tabla 3.10.1.7*, es un resumen concluyente de las herramientas de software, las cuales se ocuparán para el desarrollo de este prototipo de aplicación web

Tabla 3.10.1.7 Esquema Gráfico Herramientas para el desarrollo del Trabajo Terminal

Especificaciones	Herramientas de Software
Sistema Operativo	Windows (8.1,10 y 11)
Lenguajes de Programación	Python y JavaScript
Gestor de Base de Datos	PostgreSQL
IDE	Visual Studio Code
Framework	Bootstrap
Servidor Web	Node.js
Servicio de la Nube	Heroku
Herramienta para la Gestión de Actividades de Proyectos	Asana

Hardware

El hardware es una parte fundamental para este Trabajo Terminal, debido a que con ella se podrá ejecutar adecuadamente la aplicación web.

Para ello, se muestran las especificaciones de las computadoras (Laptop), de cada uno de los integrantes en las *Tablas 3.10.1.8, 3.10.1.9 y 3.10.1.10*, las cuales serán las utilizadas para la realización del Trabajo Terminal.

Tabla 3.10.1.8 Especificaciones Computadora (Laptop) Ricardo Díaz Matus

Especificaciones del equipo	Descripción
Marca	HP
Modelo	240-G3
Procesador	Intel Celeron @2.16GHz
Memoria RAM	6 GB
Almacenamiento	500 GB HDD
Sistema Operativo	Windows 8.1 Pro
Tipo de Arquitectura del Sistema	64 bits

Tabla 3.10.1.9 Especificaciones Computadora (Laptop) César Emiliano González Morelos

Especificaciones del equipo	Descripción
Marca	DELL
Modelo	Inspiration 7000
Procesador	Intel Core i7-7300HQ@2.50GHz
Memoria RAM	24 GB
Almacenamiento	1 TB HDD / 128 GB SSD
Sistema Operativo	Windows 10 Pro
Tipo de Arquitectura del Sistema	64 bits

Tabla 3.10.1.10 Especificaciones Computadora (Laptop) Angel Emmanuel López Gracia

Especificaciones del equipo	Descripción
Marca	HP
Modelo	Pavilion 15-ec1035la
Procesador	AMD Ryzen 5- 4600H @3.0GHz
Memoria RAM	24 GB
Almacenamiento	1 TB HDD / 500 GB SSD
Sistema Operativo	Windows 11 Pro
Tipo de Arquitectura del Sistema	64 bits

Dadas las condiciones y especificaciones de las herramientas tanto en software como hardware, el Trabajo Terminal se cataloga como viable y así cumplir con los objetivos planteados, como también el favorecer a la mejora de la caligraffía en los alumnos de primer grado de primaria.

Es importante clarificar que en la Tabla 3.10.1.11 se especifican los requisitos mínimos necesarios para ejecutar la aplicación web desde el cliente (alumnos y profesor), es un aspecto relevante y fundamental.

Tabla 3.10.1.11 Requisitos mínimos de la aplicación

Requisitos mínimos de la Aplicación	Descripción
Conexión a Internet	Para este requisito se considera que una velocidad de conexión de al menos 5 Mbps (megabits por segundo) es suficiente para acceder a la aplicación web, por parte de los alumnos, como del profesor.
Navegador Web Compatible	Es adecuado que el equipo de cómputo a utilizar cuente instalado y actualizado a las versiones más recientes de los siguientes navegadores web, para ingresar a la aplicación web: Chrome, Opera, Brave, Firefox, Safari o Edge.
Resolución de Cámara para Dispositivos Móviles	Es recomendable que la resolución de la cámara del dispositivo móvil en cuestión la fotografía deba ser tomada con 2 Megapíxeles.

3.10.2. Factibilidad operativa

La factibilidad operativa comprende una determinación de la probabilidad la cual un proyecto se realice o funcione de manera ideal es, si se cuenta con el personal capacitado para hacerlo o si se tienen los recursos humanos necesarios para mantener el prototipo de aplicación web. Al realizar el análisis, se calcula tanto le tiempo de esfuerzo, así como las horas, que se dedican al desarrollo del prototipo de aplicación web.

Tabla 3.10.2.1 Resumen de días para el desarrollo del Trabajo Terminal.

Mes (2023)	Días	Fin de Semana	Días NO Laborables	Días Hábiles	Horas de Trabajo por Día (promedio)	Horas Totales	Días Laborales
Febrero	28	8	1	19	4	76	9.5
Marzo	31	8	3	20	4	80	10
Abril	30	10	7	13	4	52	6.5
Mayo	31	8	6	19	4	68	8.5
Junio	30	8	0	20	4	80	10
Julio	31	10	1	19	4	76	9.5
Agosto	31	8	14	22	4	88	11
Septiembre	30	9	1	20	4	80	10
Octubre	31	9	0	22	4	88	11
Noviembre	30	8	3	18	4	72	9
Diciembre	31	10	0	10	4	40	5
Total			36	201	44	796	100

Tomando en cuenta el análisis llevado a cabo en la *Tabla 3.10.2.1*, se contempla que se cuenta con 100 días laborales para el desarrollo del reporte técnico y todo lo que implica el desarrollo y pruebas presenciales de la aplicación web con una jornada laboral de 8 días, sin considerar los días festivos y fines de semana, en el periodo de febrero a diciembre de 2023.

3.10.3. Factibilidad económica

Se toma en consideración el capital inicial disponible en efectivo que se requiere para invertir en el desarrollo del Trabajo Terminal. Se determina el presupuesto de costos de los recursos técnicos, humanos y materiales tanto para el desarrollo y del mismo modo para la implantación del proyecto. De esta manera, se indicarán las estimaciones de los costos generados para cada área durante la implementación del Trabajo Terminal.

Este al ser un Trabajo Terminal, posee como propósito final una aplicación web, para ello se requiere estimar los costos, sin dejar de lado los costos para tener el personal.

En la *Tabla 3.10.3.1*, se estiman las herramientas de software a ocupar, con sus respectivos costos mensuales y anuales (10-11 Meses), necesarios para implementar y diseñar el prototipo de aplicación web.

Tabla 3.10.3.1 Estimación de costos para herramientas de software

Herramientas de Software	Costo Mensual (\$)	Costo Anual (10-11 Meses) (\$)
Visual Studio Code (Editor de Código Fuente)	Libre	N/A*
Node js (Programación De Servidor Web)	Libre	N/A*
PostgreSQL (Gestor de Base de Datos)	Libre	N/A*
Heroku (Servicio de la Nube)	7 UDS = 195 MXN**	77 UDS = 2,145 MXN
Zoom o Microsoft Teams (Comunicación)	Libre (Llamadas de 40 minutos)	N/A*
WhatsApp (Comunicación)	Libre	N/A*
StarUML y Lucidchart (Modelado del Trabajo Terminal)	Libre	N/A*
Microsoft Office (Creación de la Documentación)	Gratuita por ser estudiantes del IPN.	N/A*
Figma (Diseño de la Interfaz Gráfica de la Aplicación Web)	Libre	N/A*
Total	195 MXN**	2,145 MXN

*N/A: No Aplica. **Tomando en cuenta el tipo de cambio al 11 de abril de 2023 (\$20.01).

Como se puede observar en la *Tabla 3.10.3.1*, en cuanto a herramientas, se estima que se requiere \$2,145 MXN en total para el desarrollo del prototipo de aplicación web.

Posterior a ello será estimar costos del equipo necesario para la creación del Trabajo Terminal, esto se encuentra en la *Tabla 3.10.3.2*.

Tabla 3.10.3.2 Costo de los Equipos necesarios para el desarrollo del Trabajo Terminal

Equipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Computadora (Laptop)	3	9,000	27,000
Teléfono Celular	3	6,000	18,000
Total			\$45,000

Por otra parte, la *Tabla 3.10.3.3* se detalla la estimación de los costos de los servicios necesarios y esenciales para poder llevar a cabo el Trabajo Terminal.

Tabla 3.10.3.3 Costo de los Servicios

Servicio	Costo por Mes (\$)	Costo Anual (10-11 Meses) (\$)	
		Mínimo	Máximo
Servicio de Teléfono e Internet	1,200	12,000	13,200
Luz	750	7,500	8,250
Hosting	195	1,950	2,145
Total		\$21,450	\$23,595

Dada la *Tabla 3.10.3.3*, se requieren entre un costo mínimo de \$21,450 a un costo máximo de \$23,595 de servicios que son fundamentales para la creación de este Trabajo Terminal, el costo mensual por servicios como lo son luz e Internet están elevados debido a las consecuencias derivados emergencia sanitaria del COVID-19 y por las situaciones económicas que cada día sucede en México y en el Mundo, la mayoría de las actividades se harán mediante el uso de Internet, por tanto se consideró el costo mensual de los 3 integrantes que conforma el equipo.

Acto seguido, en la *Tabla 3.10.3.4*, se señalará los sueldos mensuales, anuales (10-11 Meses y Totales) del personal que se requiere para llevar a cabo el Trabajo Terminal.

Tabla 3.10.3.4. Sueldo requerido

Puesto	Cantidad	Sueldo Mensual (\$)		Sueldo Anual (10-11 Meses) (\$)		Sueldo Total (\$)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Ingeniero en Sistemas Computacionales	3	15,000	150,000	165,000	450,000	495,000	

Se requieren \$495,000 para cubrir los sueldos de las personas que trabajarán en el Trabajo Terminal durante 10 a 11 meses. El sueldo promedio fue obtenido del Estudio de salarios Software Guru 2023, el cual marca que el sueldo medio para una persona en ingeniería con una experiencia entre 0 y 2 años es de \$15,000 [38].

Por medio de la metodología de evaluación de los proyectos de inversión, se determina un costo inicial del Trabajo Terminal a elaborar.

La *Tabla 3.10.3.5*, fue construida con base en la Metodología de Evaluación de Proyectos de Inversión, se puede concluir que es necesario tener un presupuesto inicial de mínimo de \$518,595 a un máximo de \$565,740, para el desarrollo del presente Trabajo Terminal. Sin embargo, al ser este un Trabajo Terminal, la mayoría de estos costos serán absorbidos por el propio equipo.

Tabla 3.10.3.5. Resumen de costos para llevar a cabo el Trabajo Terminal

Concepto	Costo Total (\$)	
	Mínimo	Máximo
Herramientas de Software	\$ 2,145	
Equipo	\$45,000	
Servicios	\$21,450	\$23,595
Sueldos	\$450,000	\$495,000
Total	\$518,595	\$565,740

3.11. Análisis de riesgos

El análisis y la administración del riesgo son acciones que ayudan al equipo de software a entender y manejar la incertidumbre, el riesgo se preocupa por los acontecimientos futuros. [36].

Los pasos para identificar los riesgos son:

- Identificación de riesgos: Es reconocer qué puede salir mal.
- Clasifican los riesgos: Después de analizar, se determina la probabilidad e impacto.
- Plan de Contingencia: Se desarrolla un plan para manejar aquellos los cuales tengan alta probabilidad y alto impacto.

Después de un análisis sobre los posibles riesgos a enfrentar, se identificaron los siguientes riesgos clasificándolos en 4 categorías de acuerdo con los valores de impacto:

- ↳ **Catastrófico:** La falla para satisfacer el requisito resultaría en fallo en la misión. Degradación significativa para no lograr el rendimiento técnico y Software que no responde o no puede tener apoyo.
- ↳ **Crítico:** Falla para satisfacer el requisito en cuestión no se cumple, el desempeño del sistema disminuiría significativamente y podría poner en duda el éxito de la misión. Cierta reducción en rendimiento técnico y Demoras menores en modificaciones de software.
- ↳ **Despreciable:** Falla para satisfacer los requisitos no tendría un gran impacto en el rendimiento técnico del sistema y el software podría ser fácilmente soportado.
- ↳ **Marginal:** Falla para satisfacer los requisitos resultaría en degradación de misión secundaria Reducción mínima a pequeña en rendimiento técnico y Apoyo de software receptivo. [39]

En la *Tabla 3.11.1*, se detalla la identificación del análisis de riesgos, el cual especifica los diversos riesgos, dividiéndolos por categoría, la probabilidad en suceder o que se lleguen a presentar un impacto a corto plazo en el presente Trabajo Terminal el cual se llevará a cabo, y un plan de respaldo, en el caso de suceda y dar a posibles soluciones.

Tabla 3.11.1 Análisis de Riesgos

Análisis de Riesgos					
ID	Riesgo	Categoría	Probabilidad de Ocurrencia	Valor de Impacto	Plan de Contingencia
R-01	Deficiencia en la comunicación con los integrantes del equipo.	PD	70%	2	Realizar un calendario de actividades y tener constante comunicación.

R-02	Problemas en la salud en alguno de los integrantes del equipo.	SC	18%	2	Distribuir las actividades que estaban a cargo del integrante, para así cubrir con todas las tareas previamente programadas.
R-03	Los integrantes no posean el mismo conocimiento en los lenguajes y herramientas de desarrollo.	SC	30%	3	Se buscarán herramientas que cumplan con el mismo propósito, y donde el equipo maneje adecuadamente.
R-04	Limitante en los entregables, cómo la entrega final de la aplicación web funcional.	TS	65%	2	Llevar un calendario programado de actividades y cumplirlo estrictamente a medida de lo posible.
R-05	La PC y/o laptop, no cuenten con los suficientes recursos necesarios.	DE	30%	3	Obtener un equipo que cuente con las características necesarias para ejecutar la aplicación web, las características están especificadas en las reglas de negocio.

R-06	Cambios imprevistos de las características del prototipo de aplicación web.	PD	55%	1	Estar seguros del cambio a realizar y hacerlo de la manera óptima para no retrasar de sobremano el prototipo de aplicación web.
R-07	Problemas y complejos en el entrenamiento de la Red Neuronal	DE y TB	89%	1	Indagar, leer, ver, diversas fuentes de información en Internet, donde muestren alta confiabilidad, y éstas puedan dar diversas soluciones a las dificultades que se pueden presentar.
R-08	Problemas con la energía eléctrica e Internet en algunos de los integrantes.	DE	10%	1	Al integrante que no disponga de energía eléctrica y de una conexión a internet estable, se le asignaran actividades las cuales no requieran conexión a internet.
R-09	La conexión del hardware sufra algún accidente.	DE	35%	2	Tener algún soporte del hardware de forma inmediata.

R-10	El usuario final tenga dificultades para utilizar la aplicación web.	SS	60%	3	Brindar capacitación al usuario y un manual de uso sobre todo lo que implica la aplicación web, y éste pueda interactuar.
R-11	El producto final no cumple con las expectativas del usuario.	BI y TB	45%	1	Cada que se reciba retroalimentación sobre el producto, se implementarán las sugerencias.

Valores de Impacto: 1—Catastrófico 2—Crítico 3—Marginal 4—Despreciable

Categorías de los Riesgos: **BI** (Impacto del Negocio), **DE** (Medio de Desarrollo), **SS** (Capacitación y Tamaño del Personal), **PD** (Definición del Proceso), **PS** (Tamaño del Producto), **SC** (Características de los Participantes), **TB** (Tecnología a Crear). [40].

Ahora bien, para justificar y comprender la columna de los valores de probabilidad de ocurrencia y los valores de impacto de la *Tabla 3.11.1*, seguidamente, se muestra la *Tabla 3.11.2*, donde se encuentra el porcentaje de valores de probabilidad de ocurrencia y el indicador o nivel de factor que puede recaer, cada uno de los Riesgos, al llevar a cabo el Trabajo Terminal. Dichos porcentajes de probabilidad de ocurrencia utilizados en la *Tabla 3.11.2* de análisis de riesgos, el 1% es la probabilidad de ocurrencia muy bajo y el 99% es la probabilidad de ocurrencia muy alto. Cabe mencionar que el porcentaje de 0% y el porcentaje del 100% no son tomados como valores de probabilidad.

Tabla 3.11.2. Probabilidad de impacto de riesgo.

Probabilidad del Análisis de Riesgo	
Porcentaje de Probabilidad de Ocurrencia	Indicador o Nivel de Factor
1% ~ 15%	Muy Bajo
16% ~ 29%	Bajo
30% ~ 44%	Bajo-Medio
45% ~ 55%	Medio
56% ~ 70%	Medio Alto
71% ~ 89%	Alto
90% ~ 99%	Muy Alto

3.12. Estrategias para mitigar, monitorear y manejar el riesgo

En esta sección, se ejemplifican la ficha de información de los riesgos con sus respectivos Planes de Contingencia especificados. El motivo el cual se tienen a considerar en caso de caer en algún riesgo llegase a suceder, de tal manera no nos tome de manera improvista a tal grado de poder disminuir y erradicarlos riesgos enlistados en la *Tabla 3.11.1* de la sección anterior y así llevar a cabo el Trabajo Terminal en turno.

En esta sección de abordarán todas las fichas de información correspondientes a los riesgos descritos en la *Tabla 3.11.1*. Para fines de simplificación de la documentación en turno, sólo se resaltarán las *Tablas (3.12.1, 3.12.2, 3.12.3)* de las fichas de información cuyos riesgos son los más fundamentales en la implementación del Prototipo de Aplicación Web. No obstante, para visualizar las demás fichas de información de riesgos, cuyas *Tablas son (3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6, 3.1.7 y 3.1.8)*, remítase a la **sección de Anexos**.

A continuación, en la *Tabla 3.4.4*, se puntualiza la ficha de información del Riesgo R-01, el cual especifica un identificador, la fecha de creación, el porcentaje de probabilidad, el impacto que tendrá al desarrollar el prototipo de aplicación web. Asimismo, la descripción del riesgo, el contexto que tendrá, las opciones de mitigación del riesgo en turno, el plan de contingencia para llevar a cabo en caso de que el riesgo esté presente y dar a posibles soluciones y, por último, el responsable de aplicarlo o en su defecto un responsable substituto.

Tabla 3.12.1. Ficha de Información de Riesgo R-01

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-01	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 70%	Impacto: Crítico
Descripción: Deficiencia en la comunicación con los integrantes del equipo.			
Refinamiento/contexto: <i>Subcondición 1:</i> Conflictos debido a tiempo insuficiente para reuniones formales de requisitos para identificar el ámbito de prototipo de aplicación web. <i>Subcondición 2:</i> Conflictos con los horarios para realizar reuniones y revisiones del Trabajo Terminal. <i>Subcondición 3:</i> Diferencias en las opiniones en el cómo realizar el prototipo de aplicación web.			
Mitigación/monitoreo: <ol style="list-style-type: none">1. Hacer uso de medios electrónicos, para designar actividades, dar avisos, enviar avances, etc. entre los integrantes del equipo.2. Formular un cronograma de actividades entre los integrantes del equipo.3. Realizar reuniones virtuales remotas para tomar decisiones democráticas. Plan de contingencia: Realizar un calendario de actividades, y tener una comunicación constante.			
Responsable: Ricardo D. M.	Responsable substituto: César Emiliano G. M.		

A continuación, en la *Tabla 3.12.2*, se detalla la ficha de información del Riesgo R-04, donde se especifica un identificador la fecha de creación, el porcentaje de probabilidad, el impacto que tendrá durante el desarrollo del prototipo de aplicación web. Asimismo, la descripción del riesgo, el contexto que tendrá, las opciones de mitigación del riesgo en turno, el plan de contingencia para llevar a cabo en caso de que el riesgo esté presente, el dar a posibles soluciones y, por último, el responsable de aplicarlo o en su defecto un responsable substituto.

Tabla 3.12.2. Ficha de Información de Riesgo R-04.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-04	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 65%	Impacto: Catastrófico
Descripción: Limitante en los entregables, cómo la entrega final del prototipo de aplicación web funcional.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Los errores o fallas en el desarrollo retrasan los tiempos de entrega Subcondición 2: Se hacen cambios al diseño del software.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Solicitar al cliente paciencia y no generar presiones. 2. Dividir la carga de trabajo entre los integrantes del equipo, mediante los rubros, tópicos que se hayan comprendido de la mejor manera.			
Plan de contingencia: Llevar un calendario programado de actividades y cumplirlo estrictamente a medida de lo posible.			
Responsable: Ricardo D. M.	Responsable substituto: César Emiliano G. M.		

A continuación, en la *Tabla 3.12.3*, se presenta la ficha de información del Riesgo R-07, en este se especifica un identificador, la fecha de creación, el porcentaje de probabilidad, el impacto que tendrá en el desarrollo del prototipo de aplicación web. Como también, la descripción del riesgo, el contexto que tendrá, las opciones de mitigación del riesgo presente, el plan de contingencia para efectuar en caso de que el riesgo se presente, el dar a posibles soluciones y, por último, el responsable de aplicarlo o en su defecto un responsable substituto.

Tabla 3.12.3. Ficha de Información de Riesgo R-07.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-07	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 89%	Impacto: Catastrófico
Descripción: Problemas y complejos en el entrenamiento de la Red Neuronal Artificial.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: El problema sea desconocido por parte del equipo. Subcondición 2: Falta de conocimiento previo dentro del equipo. Subcondición 3: Problemas de entendimiento en la forma de cómo se entrena la Red Neural Artificial con el propósito requerido.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Hacer una reunión virtual remota con el equipo completo para dar posibles soluciones, para la resolución a las dificultades presentadas. 2. Consultar a personas que se encuentren fuera del equipo, puedan orientar, aclarar dudas y dar alternativas de solución.			
Plan de contingencia: Indagar, leer, ver, diversas fuentes de información en Internet, donde muestren alta confiabilidad, y éstas puedan dar diversas soluciones a las dificultades que se pueden presentar.			
Responsable: Ricardo D. M.	Responsable substituto: César Emiliano G. M.		

4. Capítulo 4. Diseño

Este capítulo, se centra en mencionar los incrementos realizados y las historias de usuario subyacentes de las generales mencionadas en el capítulo de análisis con el diseño de las vistas del prototipo. El diseño de la aplicación es un aspecto fundamental para garantizar una experiencia de usuario agradable.

Para cada incremento, hemos definido historias de usuario subyacentes tanto del individuo del profesorado como de los miembros del equipo que describen tareas y funcionalidades específicas que deben ser abordadas en el proceso de diseño. Estas historias de usuario subyacentes proporcionan una descripción más detallada de las necesidades y requisitos asociados con el diseño de la aplicación en cada incremento.

Además de las historias de usuario subyacentes, es importante destacar que cada incremento incluirá una serie de tareas técnicas y de desarrollo relacionadas con la algoritmia de la red neuronal, la arquitectura de esta, el preprocesamiento de la fotografía y otros aspectos técnicos clave para el funcionamiento de la aplicación.

Al seguir una metodología incremental, nos aseguramos de abordar de manera progresiva y enfocada los aspectos clave del diseño, permitiendo iterar y mejorar continuamente en función de las necesidades y retroalimentación de los usuarios.

Con este enfoque incremental en el diseño, buscamos crear una experiencia de usuario agradable y funcional, optimizando la usabilidad y facilitando el logro de los objetivos de los profesores al utilizar el prototipo de aplicación web de apoyo en la caligrafía.

En las dos siguientes secciones, se presentan los incrementos y las historias de usuario subyacentes correspondientes a cada uno de ellos, para guiar el proceso de diseño y asegurar que se cumplieron con los requisitos establecidos en el proyecto.

4.1. Descripción de los Incrementos

A continuación, en la *Tabla 4.1.1*, se indican los incrementos planeados a lo largo del tiempo de trabajo que corresponde al periodo correspondiente de las unidades de aprendizaje Trabajo Terminal I.

A modo de simplificar la asignación de actividades a cada uno de los participantes en el cronograma, se utiliza un identificado numérico con objeto de representar a los integrantes, siendo estos:

1: Díaz Matus Ricardo

2: González Morelos César Emiliano

3: López Gracia Angel Emmanuel

Tabla 4.1.1. Cronograma de actividades con sus respectivos responsables

Integrantes	Actividad	1er Incremento	2ndo Incremento	3er Incremento	4to Incremento	5to Incremento	6to Incremento	7mo Incremento
1, 2, 3	Integración de la Planeación del Trabajo Terminal							
1, 2, 3	Elaboración del Marco Teórico							
1, 2, 3	Indagación de Técnicas de Inteligencia Artificial							
1, 2, 3	Planeación del Estado del Arte							
1, 2, 3	1ra Consulta con profesorado del colegio							
1, 2, 3	Indagación del Metodología Tradicional Iterativo Incremental							
1	Análisis y descripción de Base de Datos							
2	Análisis del patrón Arquitectónico "MVC"							
3	Análisis de la técnica de Inteligencia Artificial							
2	Análisis de Requisitos Funcionales y NO Funcionales							
1	Análisis de Riesgos							
1	Adquisición de datos para el entrenamiento							
3	Diseño de Diagramas UML							
3	Diseño de Diagrama de Actividades							
2	Diseño de Diagrama de Estados							
Retroalimentación								
Evaluación TT1								
2	Implementación de la Página Web							
1	Implementación de la Inteligencia Artificial							
3	Implementación del Servidor							
2, 3	Pruebas unitarias de la Página web							
1, 2	Pruebas unitarias de la Inteligencia Artificial							
1, 3	Pruebas Unitarias del Servidor							
1, 2, 3	Depuración del código fuente							
1, 2, 3	Pruebas con Alumnos de Primaria							
1, 2, 3	Manual de Usuario							
1, 2, 3	Documentación Técnica del Sistema							
Retroalimentación								
Evaluación TT2								

4.1.1 Descripción de los Incrementos mediante Historias de Usuario

Incremento 1:

Seguidamente, se muestran las historias de usuario, tanto por parte de los miembros del equipo, como de los profesores que requieren.

Integración de la Planeación del Trabajo Terminal

En la *Tabla 4.1.1.1* se define la estructura de la historia de usuario específicas del incremento 1, como son los Antecedentes al Planteamiento del Problema, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, asimismo los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.1 Historia de Usuario antecedentes al planteamiento del problema

Título:	Antecedentes al Planteamiento del Problema	Prioridad:	Media	Tiempo Estimado de Realización:	Variable
Historia de Usuario: El profesorado desea que los miembros tengan los conocimientos previos necesarios tanto en los antecedentes de la problemática como en los aspectos técnicos de la caligrafía, con el fin de llevar a cabo un desarrollo adecuado del prototipo de aplicación web de manera formal.					
Criterios de aceptación: Dado que soy parte del profesorado, quiero que los miembros del equipo de desarrollo demuestren comprensión de los antecedentes de la problemática, tengan conocimiento de los aspectos técnicos de la caligrafía, apliquen los conocimientos previos durante el desarrollo del prototipo de aplicación web y se documenten, se proporcionen las referencias de los recursos de aprendizaje adecuados, se tenga satisfecho el nivel de conocimientos antes de comenzar el desarrollo y los miembros puedan comunicar eficazmente los conceptos relacionados con la caligrafía y los antecedentes durante el proceso de desarrollo del prototipo.					

Elaboración del Marco Teórico y Planteamiento del Problema

En la *Tabla 4.1.1.2* se detalla la composición de la historia de usuario específicas del incremento 1, Investigación Antecedentes, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, así como los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.2 Historia de Usuario investigación antecedentes

Título:	Investigación Antecedentes	Prioridad:	Alta	Tiempo Estimado de Realización:	Variable
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo se investigan los antecedentes que contextualizan a la problemática y soluciones propuestas similares.					
Criterios de aceptación: Dado que soy miembro del equipo, se requiere incluir una investigación exhaustiva y documentada adecuada de los antecedentes de la problemática y soluciones propuestas similares, el análisis y extracción de aspectos relevantes, la comprensión de su relación con la problemática actual					

Indagación de Técnicas de Inteligencia Artificial

En la *Tabla 4.1.1.3* se define la parte de la historia de usuario específicas del incremento 1, Indagación de Técnicas de Inteligencia Artificial, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia y los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.3 Historia de Usuario indagación de técnicas de inteligencia Artificial

Título: Indagación de Técnicas de Inteligencia Artificial	Prioridad: Alta	Tiempo Estimado de Realización: Variable
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo se investigan diferentes técnicas de inteligencia artificial aplicadas en favorecer a la mejora de la caligrafía para seleccionar la más adecuada para el prototipo de aplicación web.		
Criterios de aceptación: Dado que soy miembro del equipo, se requiere seleccionar una técnica de inteligencia artificial, se debe realizar una investigación exhaustiva de los recursos disponibles, se realiza una comparativa de las técnicas más utilizadas y elegir la que mejor se adapte a las necesidades del prototipo de aplicación web.		

Incremento 2:

1ra Consulta con profesorado de la escuela “Bauhaus”

En la *Tabla 4.1.1.4* se precisa la estructura de la historia de usuario específicas del incremento 2, Realizar consulta con profesorado del colegio, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, como también los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.4 Historia de Usuario realizar consulta con profesorado del colegio

Título: Realizar consulta con profesorado de la escuela “Bauhaus”	Prioridad: Alta	Tiempo Estimado de Realización: 60 minutos
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo, quiero realizar una consulta con el profesorado del colegio para comprender sus necesidades y expectativas con relación a la mejorar y favorecer a la caligrafía del alumnado.		
Criterios de aceptación: Dado que soy un miembro del equipo, se obtiene información relevante al realizar una reunión con un elemento del profesorado de educación básica primaria; se debe tomar nota de sus opiniones, requisitos y sugerencias relacionadas en mejorar la caligrafía; así como preguntas realizadas por los miembros.		

Indagación del Metodología Tradicional Iterativo Incremental

Incremento 3:

Análisis y descripción de Base de Datos

En la *Tabla 4.1.1.5* se detalla la composición de la historia de usuario específicas del incremento 3, Almacenamiento de datos, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, además los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.5 Historia de Usuario Almacenamiento de datos

Título: Almacenamiento de datos	Prioridad: Alta	Tiempo Estimado de Realización: Variable
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo, quiero que los datos de los usuarios se almacenen de forma confiable, con el fin de garantizar la integridad de la información y la generación de sesiones.		
Criterios de aceptación: Dado que soy un miembro del equipo de desarrollo, se requiere de algunos datos del alumnado y del profesorado, tal como su nombre, apellido paterno y materno, el nombre de la escuela primaria. Dichos datos son muy importantes debido a que se utilizarán para la creación de sus cuentas, por parte de los administradores. Posteriormente se incluirán dentro del análisis de los demás datos que intervienen para el desarrollo del prototipo de aplicación web.		

Análisis del patrón Arquitectónico “MVC” (Modelo-Vista-Controlador)

En la *Tabla 4.1.1.6* se define la parte de la historia de usuario específicas del incremento 3, Arquitectura del sistema, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia y los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.6 Historia de Usuario Arquitectura del sistema

Título: Arquitectura del sistema	Prioridad: Alta	Tiempo Estimado de Realización: Variable
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo, se buscó definir la arquitectura del sistema para el prototipo con base en el patrón “MVC” (modelo – vista - controlador), a fin de asegurar una estructura robusta y escalable para la aplicación.		
Criterios de aceptación: Dado que soy miembro del equipo de desarrollo, cuando se analice los requisitos del prototipo de aplicación web, entonces se identifican los componentes y subsistemas necesarios para la implementación de la aplicación web. Al diseñar la arquitectura del sistema, se definirá la estructura general y las interacciones entre los componentes.		

Análisis de la Técnica de Inteligencia Artificial

En la *Tabla 4.1.1.7* se precisa la estructura de la historia de usuario específicas del incremento 3, Análisis de la técnica de Inteligencia Artificial, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, asimismo los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.7 Historia de Usuario Análisis de la Técnica de Inteligencia Artificial

Título:	Análisis de la Técnica de Inteligencia Artificial	Prioridad:	Alta	Tiempo Estimado de Realización:	Variable
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo, se realiza un análisis de la técnica de Inteligencia Artificial que se utilizará en el prototipo de la aplicación web.					
Criterios de aceptación: Dado que soy un miembro del equipo de desarrollo, cuando se analice los beneficios y desafíos de la técnica de Inteligencia Artificial seleccionada, se evaluará su capacidad para reconocer los trazos de la letra de tipo molde de manera efectiva, anotando y especificando sus características técnicas.					

Análisis de Requisitos Funcionales y No Funcionales

En la *Tabla 4.1.1.8* se define la composición de la historia de usuario específicas del incremento 3, Conocimiento de los requisitos del prototipo, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, además los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.8 Historia de Usuario Conocimiento de los requisitos del prototipo

Título:	Conocimiento de los requisitos del prototipo	Prioridad:	Media	Tiempo Estimado de Realización:	Variable
Historia de Usuario: Como profesor, quiero tener un conocimiento claro y completo de los requisitos funcionales y no funcionales del prototipo de la aplicación web, como una herramienta de apoyo en mejorar la caligrafía, con el fin de asegurar que la solución propuesta cumpla con las necesidades propuestas en la entrevista.					
Criterios de aceptación: Dado que soy un profesor, cuando revise la documentación de requisitos, entonces se me proporcionará información clara donde comprenderé sobre los aspectos funcionales y no funcionales del sistema, la escalabilidad del sistema y los requisitos de seguridad.					

Profesor obtiene requisitos funcionales y no funcionales

En la *Tabla 4.1.1.9* se detalla la parte de la historia de usuario específicas del incremento 3, Definición de los requisitos del prototipo, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, así como los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.9 Historia de Usuario Definición de los requisitos del prototipo

Título:	Definición de los requisitos del prototipo	Prioridad:	Media	Tiempo Estimado de Realización:	1 semana
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo, se debe definir los requisitos funcionales y no funcionales del prototipo de la aplicación web con objeto de comprender las funcionalidades y características por implementar con base en las historias del usuario presentadas por el elemento del profesorado.					
Criterios de aceptación: Dado que soy un miembro del equipo de desarrollo, cuando recopile y analice los requisitos funcionales y no funcionales, entonces se organizan de manera clara y estructurada en forma de lista.					

Adquisición de datos para el entrenamiento

En la *Tabla 4.1.1.10* se precisa la estructura de la historia de usuario específicas del incremento 3, Adquisición de datos para el entrenamiento, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, además de los criterios de aceptación.

Tabla 4.1.1.10 Historia de Usuario Adquisición de datos para el entrenamiento

Título:	Adquisición de datos para el entrenamiento	Prioridad:	Alta	Tiempo Estimado de Realización:	Variable
Historia de Usuario: Como miembro del equipo de desarrollo, se adquieren las fuentes que se consultaron con elementos del profesorado que utilizará la red neuronal del prototipo de la aplicación web, para garantizar un modelo preciso y efectivo en la mejora de la caligrafía.					
Criterios de aceptación: Dado que soy un miembro del equipo de desarrollo, cuando seleccione fuentes confiables de datos de caligrafía a través del entrevistado a elementos del profesorado podré establecer los criterios para la selección de datos de entrenamiento.					

En la *Tabla 4.1.1.11* se define la parte de la historia de usuario específicas del incremento 3, Diseño de diagramas, la prioridad, el tiempo estimado de realización, la descripción de la historia, como también los criterios de aceptación. La realización de los diagramas UML se especifican en el **capítulo de Análisis**

Tabla 4.1.1.11 Historia de Usuario Diseño de diagramas UML

Título:	Diseño de diagramas UML	Prioridad:	Media	Tiempo Estimado de Realización:	Variable
Historia de Usuario:					
Como miembro del equipo de desarrollo, se requiere crear distintos diagramas que pertenecen al diagramado UML para la representación de procesos y esquemas del prototipo de aplicación web; representando el flujo de interacción entre el sistema y los usuarios.					
Criterios de aceptación:					
Dado que se requiere tener una representación visual clara, al revisar los requisitos y la funcionalidad del sistema, se deben crear diagramas que muestre los diferentes procesos y representen el flujo de estos.					

4.2 Arquitectura del Prototipo de Aplicación Web

A continuación, se ilustra en la *Figura 4.2.1*, 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.

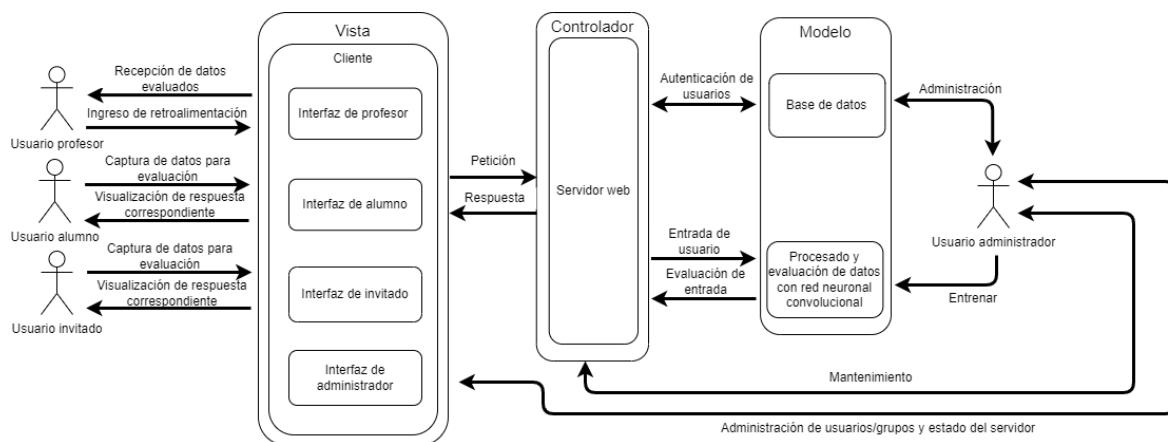


Figura 4.2.1 Arquitectura del Prototipo de Aplicación Web, elaboración propia

4.3 Arquitectura del módulo de inteligencia artificial

En esta sección se planteará la estructura de la red neuronal convolucional a ocupar, pasando desde el preprocesado, al procesado y al resultado, en otras palabras, el tratamiento de la información antes de que sea introducida a la red, cómo la red la maneja, lo que se espera obtener y las implicaciones técnicas.

4.3.1 Preprocesado

Previamente al preprocesado, se le brindará una plantilla al usuario para que, al momento de hacer el preprocesado, la tarea se lleve con mayor facilidad. Para elaborar la plantilla se tomó como base el trazado de letras de molde de un alumno de primero de primaria sobre una hoja cuadriculada de 25mm^2 por cuadrado, dicho trazado se visualiza en la *Figura 4.3.1.1*:

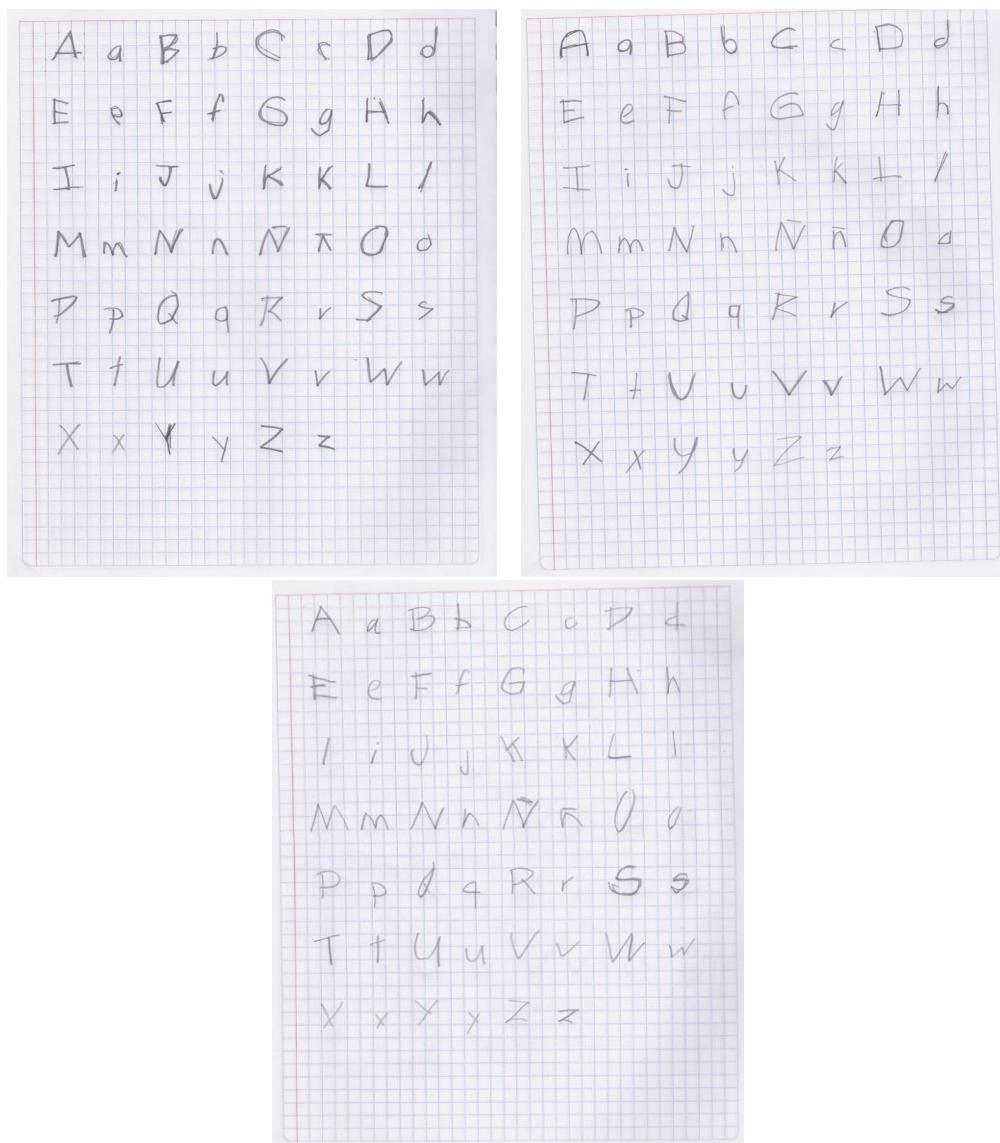


Figura 4.3.1.1. Muestra de escritura de 3 alumnos de 1er año de primaria en hoja de cuadrícula de 5mm

En los trazados podemos ver que el tamaño promedio usado fue de 2 cuadrados de alto para las letras “altas” como la letra “L”, la letra “b”, etc. Como para las letras “bajas” como la letra “g” la letra “y”, etc. Situación que hace que una letra cualquiera pueda estar situada en una columna de 3 cuadros de altura; sin embargo, existen letras anchas que llegan a abarcar más de un cuadro como lo es la letra “m” y la letra “w”. Por lo que el espacio asignado en la plantilla se aumentaría de 1x3 a 3x3 y con dichos cuadros ajustados a la tipografía elegida como modelo (Zaner-Blaser). Dicha plantilla se ve bosquejada en la *Figura 4.3.1.2*

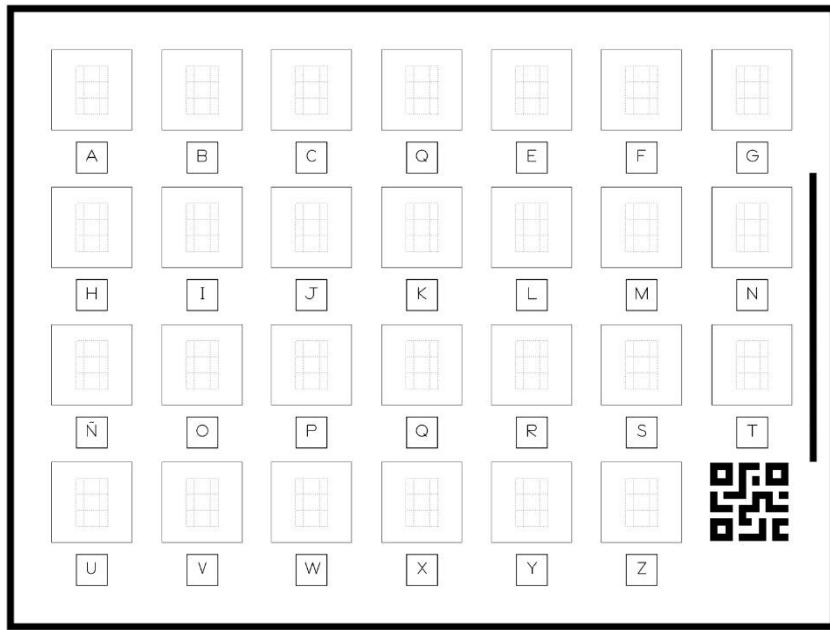


Figura 4.3.1.2 Bosquejo de plantilla para usuarios

En la plantilla se pueden ver numerosos espacios cuadriculados para practicar el trazo de caracteres, así mismo y debajo de dicho recuadro, se encuentra el carácter que se debe trazar.

La plantilla está diseñada de modo que la segmentación de ésta sea más fácil de automatizar y que la interpretación de los resultados sea más fiable, sin embargo, segmentarla no es suficiente para trasladar los datos a la red neuronal, adjunto a la segmentación se hará un tratado de la imagen como se describe debajo.

El primer punto del preprocessado será la detección de la plantilla en la foto, es por ello por lo que la plantilla cuenta con 2 bordes, uno exterior que facilitará ajustar el cuadrilátero de la fotografía del usuario a un rectángulo de proporciones conocidas ($\approx 1:1.\bar{3}$) y uno interno que consta de una línea vertical al costado horizontal de la plantilla con el propósito de establecer y corregir la orientación de la plantilla.

Posteriormente los colores de la fotografía son transformados a una escala de grises dado que la aplicación web no estará enfocada en identificar el color de los trazados y contemplarlos podría dificultar la tarea y hacerla más compleja de lo necesario.

Luego de estos pasos, se proseguiría a la eliminación de ruido mediante filtros de suavización y de ser necesario, de acuerdo con las pruebas de la aplicación web, se maximizará el contraste y el brillo de la imagen o aplicarán más técnicas de eliminación de ruido en caso de no ser suficiente con las ya mencionadas (como lo son los suavizados gaussianos).

Terminado esta limpieza de datos, se segmentará la plantilla y se escalará para ser mandado cada trazo para ser evaluado por la red, los datos enviados a la red son tanto las matrices de píxeles como sus respectivos **valores** esperados, valores descritos en el QR de la esquina inferior derecha de la plantilla.

Para el preprocesado de la imagen se usarán bibliotecas de procesamiento de imágenes como lo es OpenCV.

4.3.2 Red neuronal convolucional

La arquitectura de la red neuronal convolucional, como dicho en el marco teórico, será LeNet-5 (visualizada en la figura 4.3.3.1) con la función de activación Softmax en capa de salida y con la función Entropía Cruzada como la función de costo.

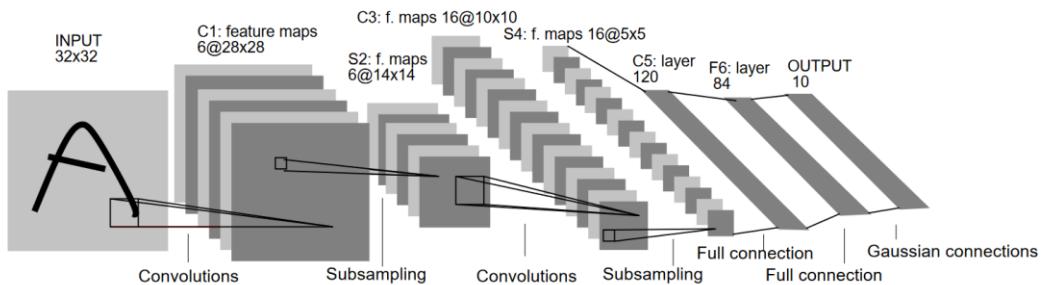


Figura 4.3.3.1 Arquitectura LeNet-5 para imágenes a escalas de grises [41]

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 32×32 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 kernel¹³ de 5×5 píxeles sobre la imagen sin *padding*¹⁴ de en ésta se obtendrá 6 mapas de características¹⁵, cada uno resultando de 28×28 píxeles (la elección de estas dimensiones está basada en la naturaleza del *dataset*¹⁶ del paper donde se introduce esta arquitectura).

¹³ Un kernel, o también llamado filtro convolucional, refiere a una matriz con coeficientes que se recorre por la imagen para, durante este recorrido, llevar a cabo la convolución

¹⁴ Técnica usada en redes neuronales convolucionales para evitar perder dimensionalidad en una convolución.

¹⁵ Un mapa de características refiere al resultado de una convolución, se dice que éste representa características inicialmente no muy complejas con respecto a la imagen a la que se le hizo la convolución.

¹⁶ Dataset refiere a un aglomerado de datos (etiquetados o no) con el cuál se pretende entrenar y evaluar una inteligencia artificial.

- ↳ **S2:** es la primera capa de *pooling*¹⁷ de la arquitectura, para ello se ocupa un kernel de 2×2 pixeles, dejando como resultado 6 capas de características de ahora 14×14 pixeles, cada una de estas es ponderada por medio de una función de activación sigmoidal.
- ↳ **C3:** es la segunda capa de convolución, ésta arroja como resultado 16 mapas de características de 10×10 pixeles por medio de un kernel de 5×5 pixeles, 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.

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. [41]

La *tabla 4.3.3.1* ilustra mejor la relación de entradas (provenientes de S2) y salidas de la convolución en C3:

Tabla 4.3.3.1 Distribución de entradas con salidas de la convolución en C3 [41]

	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	

- ↳ **S4:** es la segunda capa de *pooling*, para elaborarla se ocupa un kernel de 2×2 pixeles que generan 16 mapas de características de 5×5 pixeles cada uno.
- ↳ **C5:** es la tercera capa de convolución, en ella se usa un kernel de 5×5 sobre las 16 capas anteriores al mismo tiempo para generar un total de 120 mapas de características de 1×1 pixeles. 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

¹⁷ *Pooling*, o también llamado agrupamiento, refiere a las capas de una red neuronal convolucional donde se extraen las características más importantes del resultado de una convolución al mismo tiempo que reduce sus dimensiones y, por ende, reduciendo la complejidad computacional; sin embargo, su cálculo no es una convolución, en su lugar es el resultado promedio luego de colocar el kernel sobre la capa a agrupar (en este caso que se trata de un *Average pool*).

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.

Las razones detrás de esta elección disyuntiva recae en la antigüedad del artículo, es bien sabido que funciones de activación como *tanh* o como sigmoide (descrita en el marco teórico), eran frecuentemente usadas cuando se trataba de funciones de activación, sin embargo, y con el paso del tiempo, la función ReLu ha ganado popularidad entre las redes neuronales contemporáneas debido a mejor rendimiento en términos de velocidad de entrenamiento (sin mencionar de menor complejidad) y la mitigación de los gradientes desvanecientes¹⁸.

- ↳ **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).

En el artículo original maneja la función de pérdida de error cuadrático medio, mientras que para la implementación actual se ocupará la función de entropía cruzada por razones brindadas en la sección que explica las funciones de costo.

Dada las condiciones anteriores se debe establecer una resolución mínima para las fotografías, para ello se revisó cuál fue el modelo de teléfono móvil más vendido en el 2020¹⁹ en México, y posteriormente se tomó su resolución, siendo ésta 2 megapíxeles como mínimo.²⁰

Si se toma que la relación de aspecto por defecto más común en los teléfonos modernos es 16:9, podemos decir que la imagen que se procesará sería de 1920×1080 pixeles aproximadamente; mientras que la proporción de una plantilla (tamaño carta) es de 1:1.²¹

Para el peor de los casos (donde un cuadro destinado para ser escrito mide tan solo 36), se tendrá que la plantilla (8.8 veces más alta) mediría 282×359 pixeles, tamaño que cabe con facilidad en las dimensiones antes mencionadas²¹. Para imágenes más grandes que las dimensiones mencionadas, se recortarán y, por último, se escalarán.

¹⁸ La mitigación de los problemas de gradientes desvanecientes se refiere a la estrategia de abordar y minimizar el efecto negativo que pueden tener los gradientes pequeños en el proceso de entrenamiento de redes neuronales.

¹⁹ Se tomó dicha fecha dado que en México el tiempo promedio de vida de un teléfono es de 2 años [50], en otras palabras, para 2023 una gran parte de la población contará con teléfonos vendidos en 2020

²⁰ Se hace esta generalización dado que la marca más vendida en México en 2020 y hasta el 2021 fue Samsung [49], así mismo, los teléfonos más vendidos de Samsung en 2020 fueron el Samsung Galaxy A51, A11 y A21 [51], de entre ellos el que peor resolución lograba tener era el modelo Samsung Galaxy A11 con 2 megapíxeles.

²¹ Es preciso mencionar que, en este caso, lo más probable es que la imagen sea rechazada debido a lo difícil que pueda llegar a ser leer el QR.

La complejidad computacional que lleva toda la red varía de acuerdo con la función de costo, sin embargo, y tomándola como una función de costo temporal constante, podemos decir que la complejidad temporal está en términos de $O(n^2)$ debido al recorrido matricial que se debe de hacer en cada proceso de convolución, *pooling* y de tratamiento de imagen en el preprocesado.

El resultado que arroje la red será devuelto al usuario como un índice de la calidad de su trazado

4.3.3 Dataset de entrenamiento

Uno de los objetivos principales del prototipo es evaluar cuán parecida es la caligrafía de alguien con respecto a un modelo de caligrafía recomendado por personas experimentadas en el tema, tomando esta premisa en cuenta se elaboró el estudio que se describe posteriormente.

En primera instancia, se realizó la **Encuesta para el Seguimiento del Aprendizaje de la Caligrafía**, mediante un cuestionario en ***Google Forms***, al público en general para conocer su experiencia en el aprendizaje de la caligrafía durante el preescolar y primaria. A través de esta, se buscó identificar el tipo de tipografía que les enseñaron, y si las escuelas donde estudiaron tenían algún plan de estudios para la enseñanza de la caligrafía. Los resultados de esta brindan información valiosa sobre los antecedentes de los usuarios en cuanto a la escritura a mano, permitiéndonos adaptar el prototipo a sus necesidades y experiencias previas.

Este cuestionario se compartió a través de grupos y contactos de redes sociales donde predominan personas del área metropolitana; se recibieron 72 respuestas en total.

Enseguida, se exhiben las figuras de los grafos más representativos de las preguntas de opción cerrada relacionadas con esta encuesta. El formato de la encuesta (transcrita) se encuentra en los anexos.

Inmediatamente, se presenta el análisis estadístico basado en los resultados obtenidos de la encuesta realizada. Los datos se reflejan en la *Figura 4.3.3.1*, el cual representa la distribución en porcentaje de la caligrafía utilizada por las personas que participaron en dicha encuesta

- ↳ Letra tipo molde: **48.6%**
- ↳ Letra cursiva: **38.9%**
- ↳ Ambas: **11.2%**
 - Ambas caligrafías: **4.2%**
 - Ambos tipos de letra: **2.8%**
 - Uso de ambas caligrafías: **1.4%**
 - Combinación de cursiva y molde: **1.4%**
 - Uso de ambos tipos de letra, tanto molde como cursiva: **1.4%**
- ↳ Ninguna de las dos caligrafías: **1.4%**

Esta distribución proporciona una visión de las prácticas en cuanto al estilo de escritura enseñado durante la etapa de educación preescolar y primaria. La información recopilada revela una predominancia del uso de la letra tipo molde, seguida de la cursiva. Por lo tanto, con objeto de mejorar el estándar de caligrafía, se plantea utilizar la caligrafía tipo molde en el desarrollo del prototipo de aplicación web.

En caso de haber recibido enseñanza de caligrafía, ¿qué tipo de letra se te enseñó?
72 respuestas

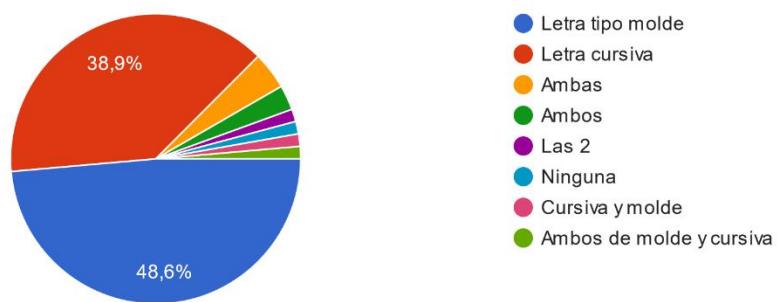


Figura 4.3.3.1 Porcentajes del tipo de caligrafía enseñada por los encuestados

La Figura 4.3.3.2 ilustra los porcentajes correspondientes a la utilización de un plan de estudios en el ámbito de la enseñanza de la caligrafía en preescolar y primaria:

- ↳ El 77.8% de los encuestados afirma haber recibido instrucción mediante un plan de estudios estructurado en su proceso de aprendizaje de la caligrafía.
- ↳ Por otro lado, el 22.2% de los participantes indica no haber contado con un plan de estudios definido durante su desarrollo en el ámbito de la caligrafía.

¿La enseñanza de caligrafía que recibiste en tu escuela tenía algún plan de estudios normalizado para el desarrollo y práctica de la caligrafía?

72 respuestas

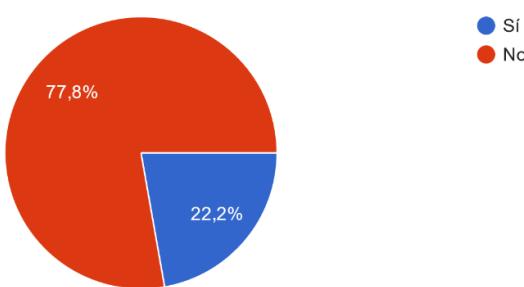


Figura 4.3.3.2 Porcentajes de un plan de estudios para el desarrollo y práctica de la caligrafía

Ahora, en la Figura 4.3.3.3, se muestra los porcentajes si las personas recordaban si habían recibido una enseñanza de caligrafía en el prescolar o primaria:

- ↳ El 95.8%, de las personas encuestadas confirman que si recibieron enseñanza de la caligrafía en dicho nivel escolar antes mencionado.
- ↳ Mientras que el 4.2%, de los participantes, indican el no recordar la enseñanza de caligrafía en el nivel prescolar o primaria.

¿Recuerdas haber recibido enseñanza de caligrafía en el Preescolar o Primaria? (Selecciona una opción)

72 respuestas

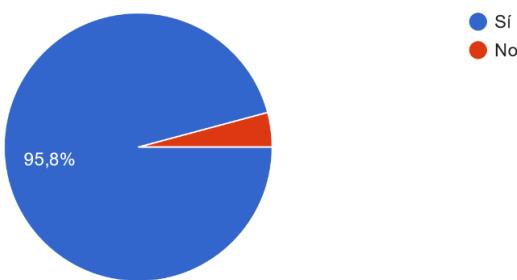


Figura 4.3.3.3 Porcentajes de haber recibido enseñanza de caligrafía en prescolar o primaria

Acto seguido en la *Figura 4.3.3.4*, se visualizan los porcentajes si las personas consideraban efectiva la enseñanza de caligrafía en el prescolar o primaria:

- ↳ El 37.5%, de las personas encuestadas avalan que fue modernamente efectiva la enseñanza de la caligrafía en dicho nivel escolar antes mencionado.
- ↳ Mientras que el 34.7%, de los participantes, indican que la enseñanza de caligrafía en el nivel prescolar o primaria fue muy efectiva.
- ↳ Con respecto al 18.1%, expresan que fue muy poco efectiva dicha enseñanza.
- ↳ Por otro lado, el 3.6%, opinan que no fue efectiva la enseñanza de la caligrafía.
- ↳ Y finalmente el 6.1%, no recuerdan si fue efectiva la enseñanza.

En tu opinión, ¿cuán efectiva consideras que fue la enseñanza de caligrafía que recibiste en el Preescolar o Primaria? (Selecciona una opción)

72 respuestas

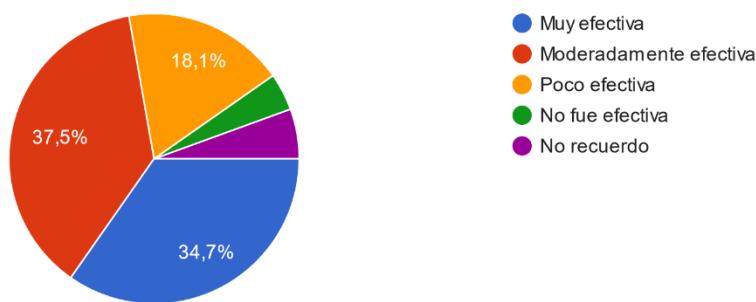


Figura 4.3.3.4 Porcentajes de opinión de considerar efectiva la enseñanza de caligrafía en prescolar o primaria

Seguidamente, en la *Figura 4.3.3.5*, se muestra los porcentajes si las personas recordaban si habían recibido una enseñanza de caligrafía en el prescolar o primaria

a:

- ↳ El 61.1%, de las personas encuestadas afirman que definitivamente si la enseñanza de la caligrafía en dicho nivel escolar antes mencionado ha influido en su caligrafía actualmente.
- ↳ Por otro lado, el 20.8%, de los participantes, opinan una probabilidad de si influir en la caligrafía actual.
- ↳ Con respecto al 5.8%, indican que no están seguros si existe una influencia de su caligrafía, referente a la enseñanza que atendieron en la etapa del prescolar o primaria.
- ↳ Mientras que, el 9.7%, opinan un probable no, como influencia en su caligrafía actual.
- ↳ Finalmente, el 2.6%, expresan que para nada ha influido la enseñanza de la caligrafía en dicho nivel escolar, en su caligrafía actual.

¿Crees que el tipo de letra que te enseñaron en el Preescolar o Primaria ha influido en tu caligrafía actual? (Selecciona una opción)

72 respuestas

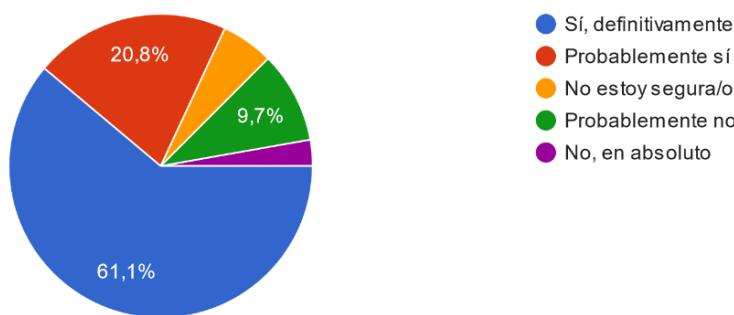


Figura 4.3.3.5 Porcentajes de la enseñanza de caligrafía en el nivel prescolar o primaria influye actualmente en la caligrafía de las personas participantes

Adicionalmente, se realizó una consulta a profesionales del área de la pedagogía y educación básica primaria. Gracias a esta consulta, se recabaron opiniones y recomendaciones sobre la materia; presentando diversas opciones de fuentes idóneas en el contexto educativo para el entrenamiento de la red neuronal. Las fuentes recomendadas fueron **Zaner-Blaser**, **Italic** y **Arial**. Posteriormente, se realizó una encuesta, mediante un cuestionario en **Google Forms**, a expertos con conocimiento en la materia acerca de su opinión de la legibilidad de estas fuentes; así como de la relevancia que tiene la caligrafía en el ámbito educativo.

Ahora bien, en la *Figura 4.3.3.6* se muestra los porcentajes del nivel de interés por parte de la consulta a profesionales del área de pedagogía y educación básica primaria, en mejorar su caligrafía:

- ↳ El 47.1%, de la respuesta de los profesionales se muestran muy interesados en mejorar su caligrafía.
- ↳ Por otro parte, el 35.3%, de los profesionales, señalan su interés en mejorar su caligrafía.
- ↳ Mientras que el 5.8%, indican neutralidad en mejorar su caligrafía.
- ↳ En tanto, el 9.7%, opinan que están poco interesados en mejorar su caligrafía.
- ↳ Por último, el 2.6%, expresan su nulo interés en mejorar su caligrafía.

¿Cuál es su nivel de interés en mejorar tu caligrafía?

17 respuestas

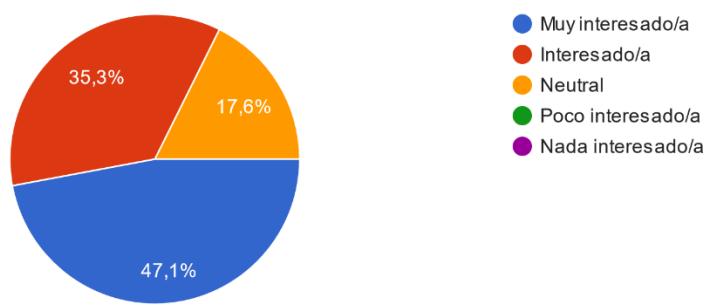


Figura 4.3.3.6 Porcentajes de nivel de interés de parte de los profesionales del área pedagógica y educación básica primaria en mejorar su caligrafía.

En la *Figura 4.3.3.7*, se indica los porcentajes opinión donde una aplicación web, puede favorecer en la mejora de la caligrafía en alumnos de educación básica primaria.

- ↳ El 29.4%, de la respuesta de los profesionales muestran que definitivamente sí, la aplicación web, puede favorecer en la mejora de la caligrafía en alumnos de educación básica primaria.
- ↳ En tanto, el 58.8%, de los profesionales, señalan una probabilidad de sí, resulte la aplicación web en favorecer en la caligrafía en alumnos de educación básica primaria.
- ↳ Mientras que el 29.4%, indican que no están seguros, si una aplicación web favorezca en la caligrafía en alumnos de educación básica primaria.

¿Cree que una aplicación web para la corrección de la caligrafía podría ayudar a mejorar la caligrafía en los alumnos de educación básica primaria?

17 respuestas

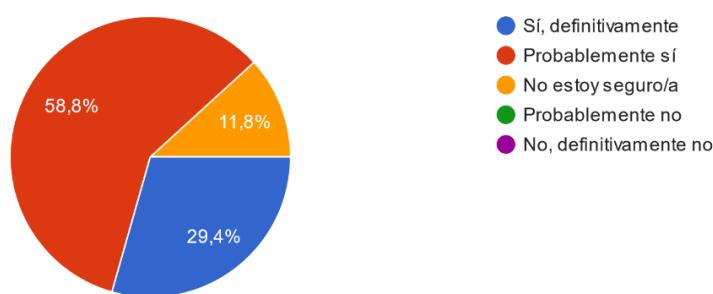


Figura 4.3.3.7 Porcentajes de opinión donde una aplicación web, puede favorecer en la mejora de la caligrafía en alumnos de educación básica primaria.

Por otro lado, en la *Figura 4.3.3.8*, se define los porcentajes de tiempo que un niño debería dedicar en practicar su caligrafía a la semana:

- ↳ El 11.8%, los profesionales consideran un rango de tiempo de menos de 1 hora, para que un niño se dedique a practicar su caligrafía semanalmente.
- ↳ Sin en cambio, el 58.8%, de los profesionales, señalan un intervalo de tiempo de 1 a 3 horas semanalmente un niño practique su caligrafía.
- ↳ En tanto, el 17.6%, indican un periodo de tiempo de 3 a 5 horas, donde un niño debe practicar su caligrafía semanalmente.
- ↳ Ahora bien, el 11.8%, recomiendan un lapso mayor a 5 horas semanales, un niño practique su caligrafía.

¿Cuánto tiempo crees que un niño debería dedicar para practicar su caligrafía semanalmente?

17 respuestas

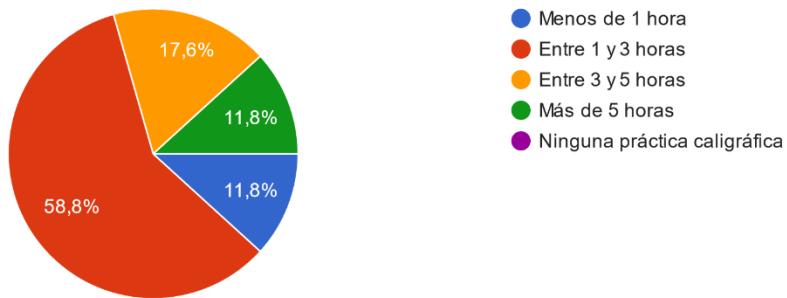


Figura 4.3.3.8 Porcentajes de tiempo que un niño debería dedicar en practicar su caligrafía a la semana

Acto seguido, se ilustran en la *Figura (4.3.3.9, 4.3.3.10, 4.3.3.11)* los gráficos de la distribución porcentual de las diferentes fuentes utilizadas en el estudio, tal como Zaner-Blaser, Arial e Italic. Las opciones se han clasificado en orden ascendente, donde la **Opción 1** representa una complejidad muy alta y la **Opción 5** indica una simplicidad extrema en la práctica de la caligrafía.

Los resultados obtenidos para la fuente Zaner-Blaser fueron los siguientes:

- Opción 1: 11.8%
- Opción 2: 11.8%
- Opción 3: 47.1%
- Opción 4: 17.6%
- Opción 5: 11.8%

Fuente Zaner-Blaser Por favor, evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 es "Es muy compleja de practicar" y 5 es "Es muy sencilla de practicar". Ten en cuenta la legibilidad y estética.
17 respuestas

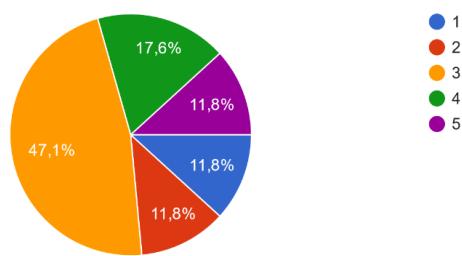


Figura 4.3.3.9 Porcentajes de evaluación de la fuente Zaner-Blaser

En cuanto a la fuente Arial, se observaron los siguientes resultados:

- Opción 1: 0%
- Opción 2: 5.9%
- Opción 3: 23.5%
- Opción 4: 11.8%
- Opción 5: 58.8%

Fuente Arial Por favor, evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 es "Es muy compleja de practicar" y 5 es "Es muy sencilla de practicar". Ten en cuenta la legibilidad y estética.
17 respuestas

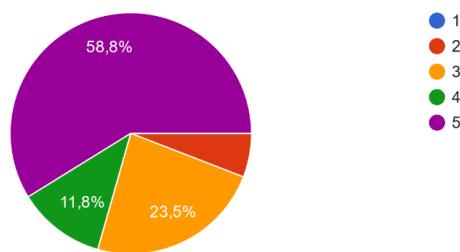


Figura 4.3.3.10 Porcentajes de evaluación de la fuente Arial

Por último, la fuente Italic mostró los siguientes porcentajes:

- Opción 1: 5.9%
- Opción 2: 11.8%
- Opción 3: 17.6%
- Opción 4: 23.5%
- Opción 5: 41.2%

Fuente Italic Por favor, evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 es "Es muy compleja de practicar" y 5 es "Es muy sencilla de practicar". Ten en cuenta la legibilidad y estética.

17 respuestas

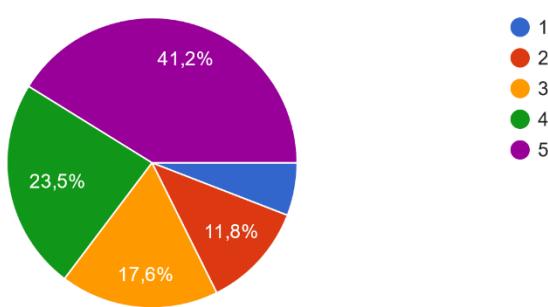


Figura 4.3.3.11 Porcentajes de evaluación de la fuente Italic

Estos datos revelan la opinión de las preferencias en cuanto a la practicidad de las fuentes utilizadas en la caligrafía. Dichos resultados son de utilidad para desarrollar el prototipo de la aplicación web para el apoyo de la caligrafía; debido que permitirán seleccionar la fuente más adecuada que se ajuste a las necesidades.

No obstante, considerando las habilidades de los alumnos de primer grado de primaria se decidió utilizar la fuente Zaner-Blaser debido a la flexibilidad de obtención de fuentes derivadas de esta, su consistencia en la altura y anchura del trazado y beneficios pedagógicos que puede tener.

Partiendo de esta decisión se estableció que la manera de crear el dataset sería generando diversas plantillas de práctica (como las presentadas anteriormente) con la impresión de las letras (con la fuente Zaner-Blaser) dentro de éstas y añadiendo un poco de ruido simulando las diferentes calidades de cámara, así como las diversas situaciones que se puedan presentar al tomar fotografías y subirlas a la aplicación web.

El dataset, como descrito en el modelo relacional, será almacenado en la base de datos por si en dado caso se requiriera reentrenar la red, por si se requiriera extraer algún elemento o añadir más, así como llevar control de éstos.

Por último, para probar la inteligencia artificial se llenarán las plantillas con letras escritas a mano (imitando las tipografías seleccionadas mediante su calca).

4.4 Diagrama Lógico de la Base de Datos

El diagrama lógico representa la estructura y relaciones entre los datos que se almacenan en la base de datos; permitiendo visualizar la estructura de las tablas, claves primarias, relaciones y restricciones de integridad, proporcionando una representación de la organización de los datos del prototipo.

Con el uso del modelo relacional y el despliegue adecuado del diagrama lógico de la base de datos, se asegura contar con una estructura respalde las funcionalidades de nuestra aplicación web de apoyo en la caligrafía. Esto nos permitirá realizar consultas eficientes, mantener la integridad de los datos y proporcionar una experiencia de usuario fluida y satisfactoria.

La *Figura 4.4.1* representa el diagrama normalizado que se obtuvo del análisis del diagrama entidad-relación elaborado en el capítulo de **Análisis del Prototipo de Aplicación Web, sección 3.5**.

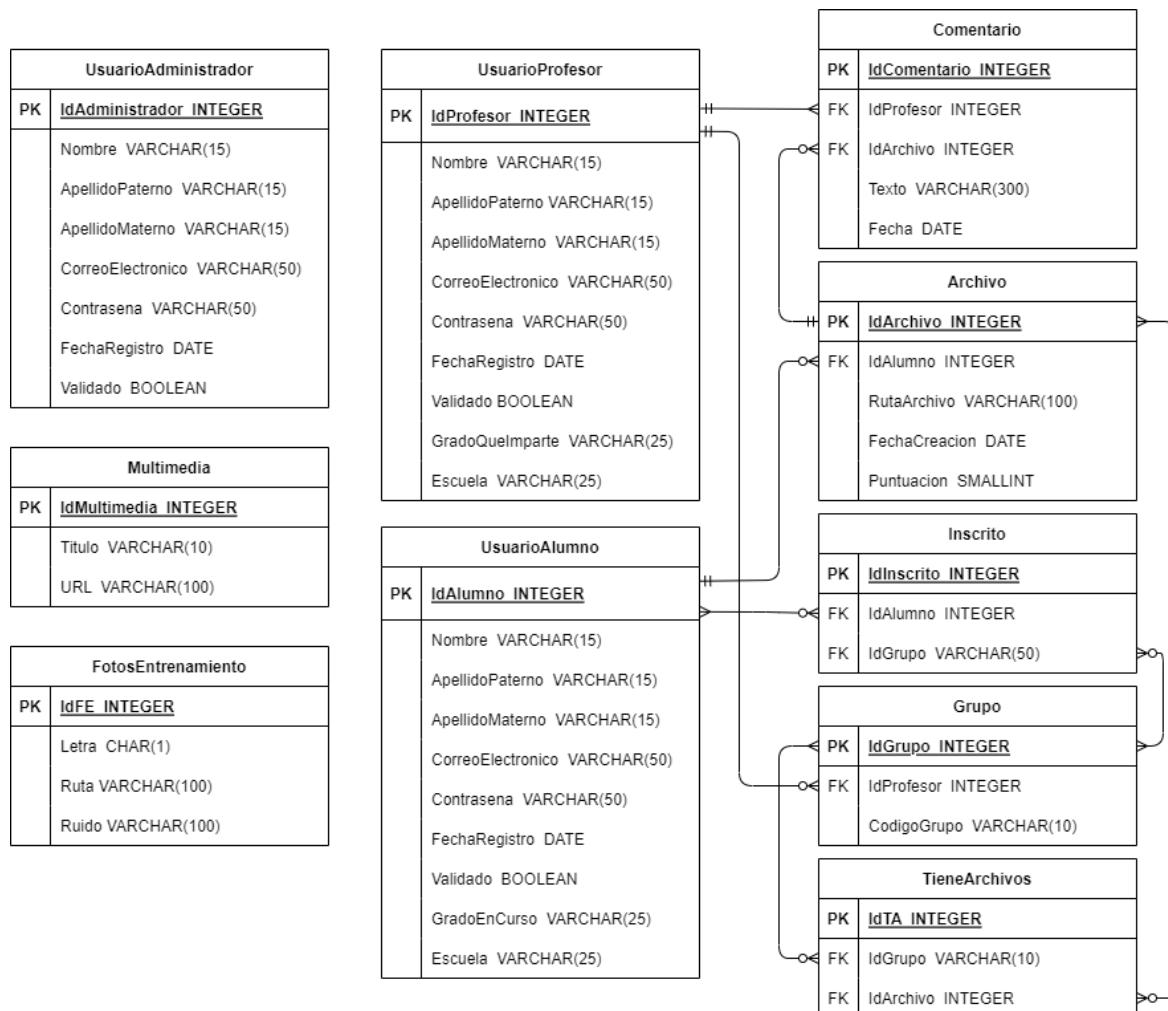


Figura 4.4.1 Diagrama del Modelo Relacional de P.A.L.A.L.A., elaboración propia

4.5 Bocetos del Prototipo de Aplicación Web

En el proceso de creación del prototipo de aplicación web, es fundamental una fase de diseño en la que se puedan explorar y visualizar las diferentes ideas y elementos que conformarán la interfaz. En este caso, utilizaremos Figma para crear las maquetas del prototipo.

Para diseñar una paleta de colores atractiva y adecuada para los infantes, se realizó un análisis de colores proporcionados. Inmediatamente, se presenta una descripción del razonamiento detrás de cada uno de ellos:

- ↳ #6D5DF6 Púrpura vibrante: Este color se seleccionó por su capacidad para evocar la creatividad y la imaginación en los niños. Además, el púrpura transmite una sensación de misterio y puede despertar la curiosidad de los usuarios más jóvenes. Se utilizará de manera cautelosa para resaltar elementos clave y dar un toque de vitalidad al diseño.
- ↳ #95D354 Verde brillante: El verde se eligió debido a su asociación con la naturaleza, la frescura y la armonía. Este tono transmite energía y vitalidad a los niños mientras interactúan con la aplicación web. Además, el verde está relacionado con la concentración y el aprendizaje, lo cual es esencial en el contexto educativo de los niños de primaria.
- ↳ #F5F5F5 Blanco hueso: Este color neutro y suave se utilizará como fondo principal para resaltar los otros colores de la paleta. El blanco hueso proporciona un contraste suave y agradable en las interfaces principales, lo que facilitará la legibilidad del contenido y la navegación en la aplicación web.
- ↳ #FFDB8C Naranja claro: El naranja claro se incorpora en la paleta para agregar diversidad al diseño. Este tono cálido crea una sensación de entusiasmo y vitalidad, lo que puede generar una experiencia positiva y estimulante para los niños.
- ↳ #FFC0CB Rosa claro: El rosa claro es amigable, especialmente atractivo. Aporta un toque de delicadeza y calidez al diseño, creando un ambiente acogedor y agradable para los usuarios.

Acto seguido, se presentarán las vistas más relevantes del proyecto, tanto para dispositivos móviles como para computadoras. El propósito de esta sección es mostrar las maquetas principales que permitirán a los usuarios interactuar con la aplicación web.

Es importante mencionar que el reporte completo incluirá todas las vistas adicionales en la sección de Anexos, proporcionando una visión más detallada y exhaustiva de la interfaz de usuario del proyecto.

La *Figura 4.5.1* representa la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Login, de la aplicación web.

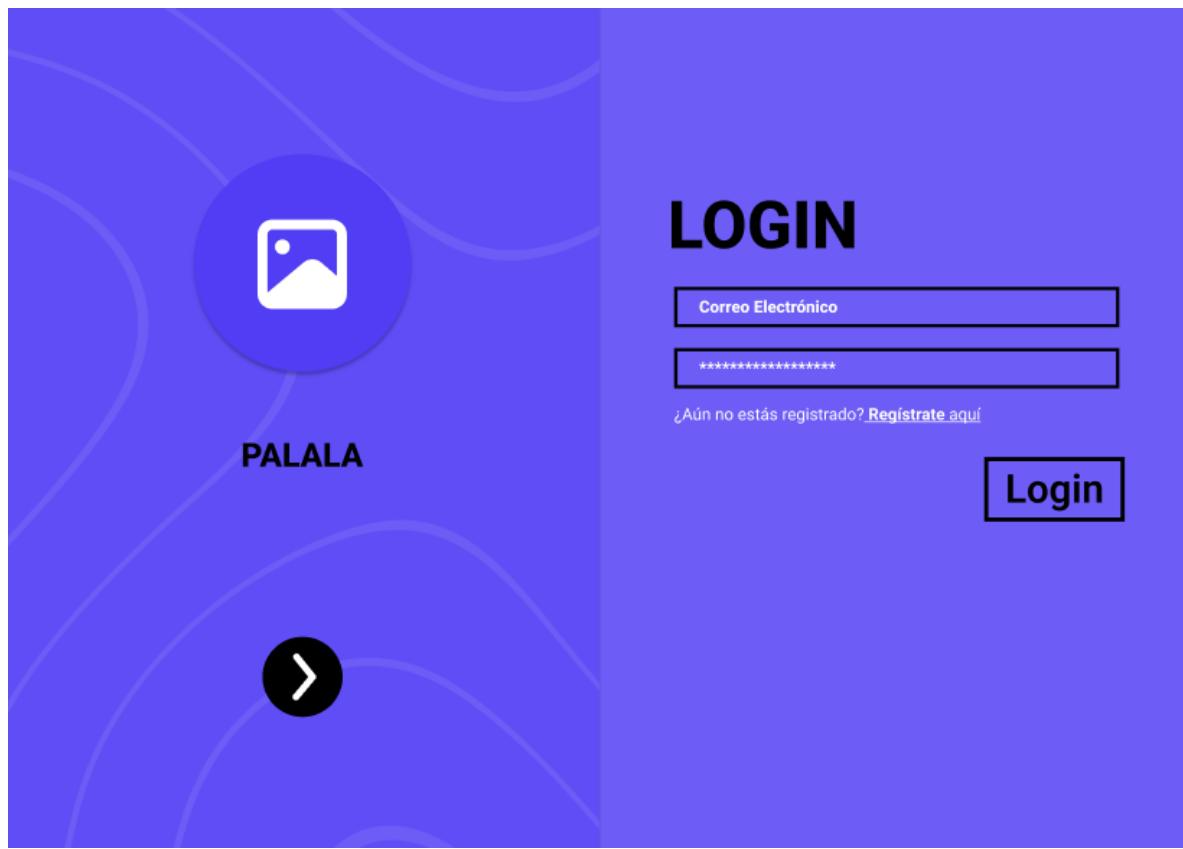
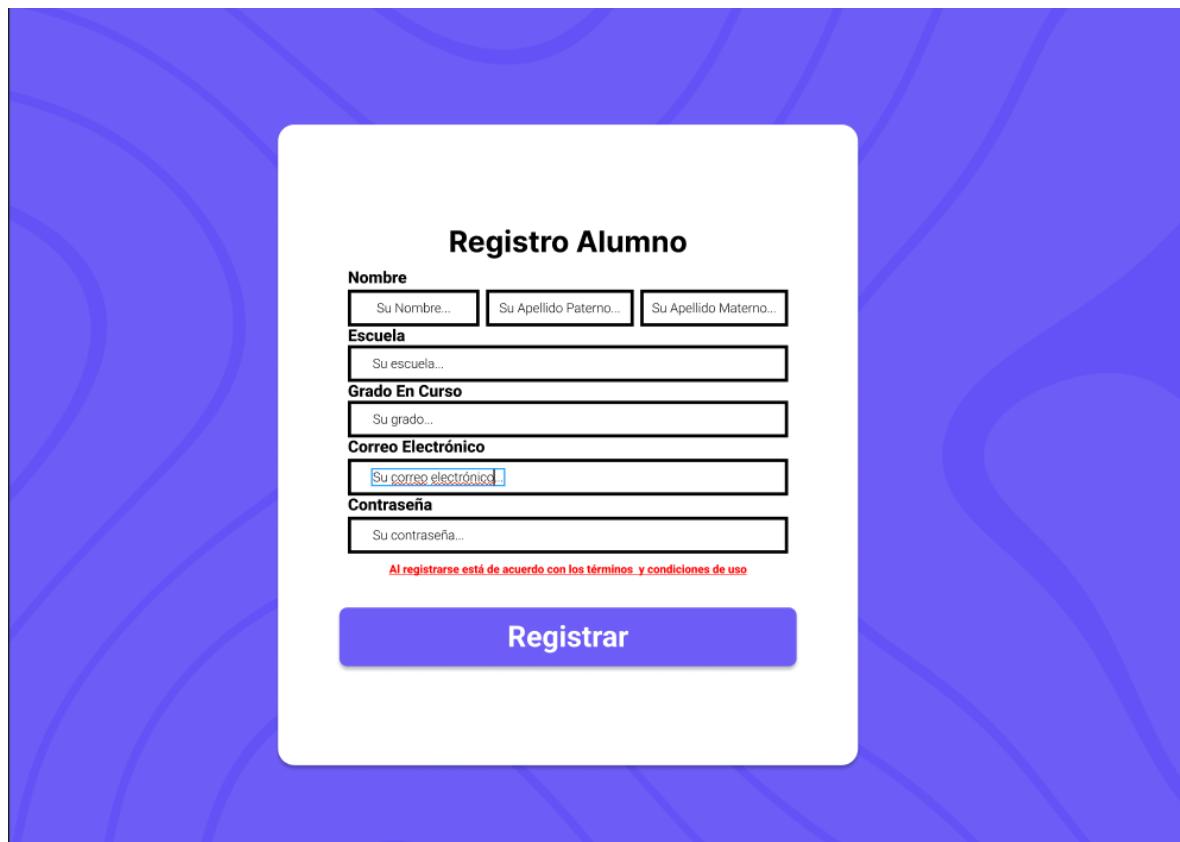


Figura 4.5.1 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Login, elaboración propia

La *Figura 4.5.2* ilustra la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Registro de Alumno, de la aplicación web.



La figura muestra una maqueta de formulario para el registro de un alumno. El formulario se encuadra en un cuadro blanco con un efecto de sombra suave. En el centro superior, el título "Registro Alumno" aparece en negrita. A continuación, se presentan los campos de entrada:

- Nombre**: Tres cuadros de texto horizontalmente dispuestos: "Su Nombre...", "Su Apellido Paterno..." y "Su Apellido Materno...".
- Escuela**: Un cuadro de texto con placeholder "Su escuela...".
- Grado En Curso**: Un cuadro de texto con placeholder "Su grado...".
- Correo Electrónico**: Un cuadro de texto con placeholder "Su correo electrónico...".
- Contraseña**: Un cuadro de texto con placeholder "Su contraseña...".

Justo debajo del cuadro de "Contraseña", en rojo, se indica: "Al registrarse está de acuerdo con los términos y condiciones de uso". A continuación, se encuentra un botón grande y azul con el texto "Registrar" en blanco.

Figura 4.5.2 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Registro de Alumno,
elaboración propia

La *Figura 4.5.3* muestra la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Registro del Profesor, en la aplicación web.

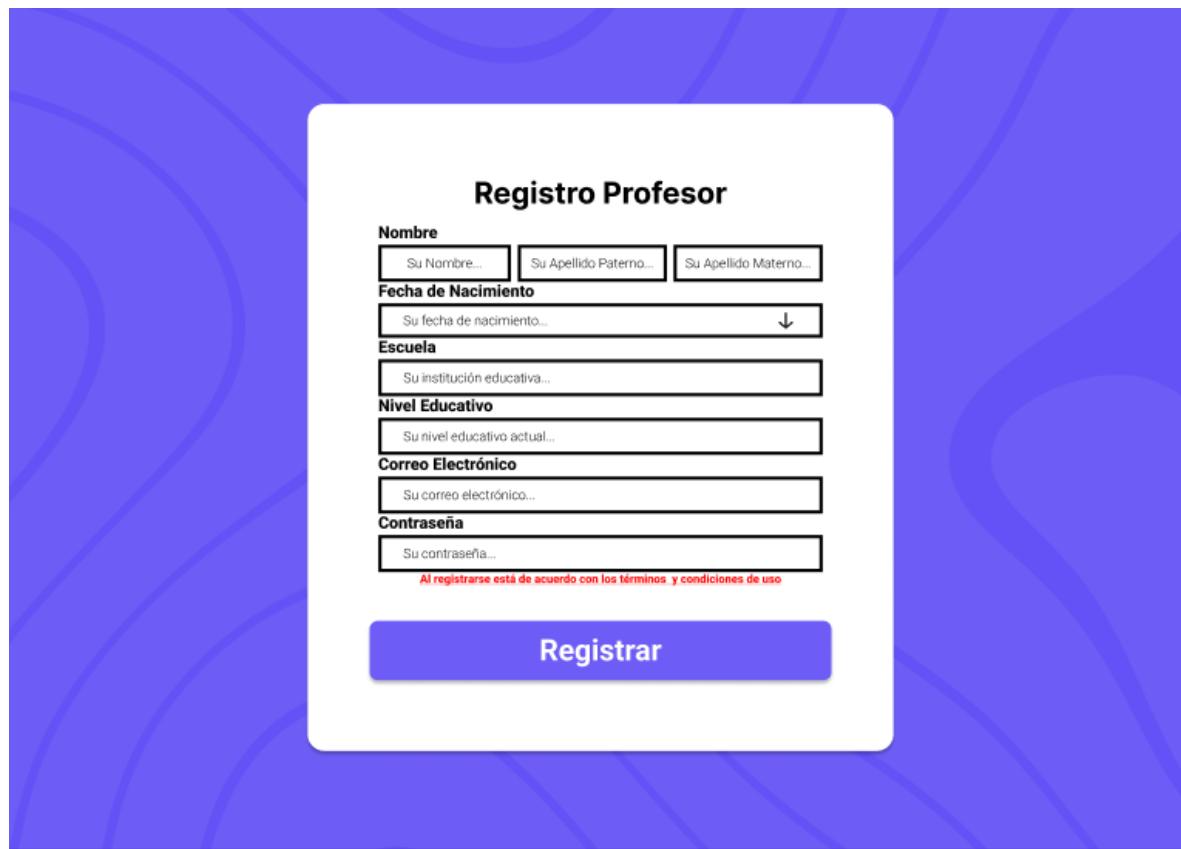


Figura 4.5.3 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Registro de Profesor,
elaboración propia

La Figura 4.5.4 presenta la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta al Panel del Profesor, de la aplicación web.

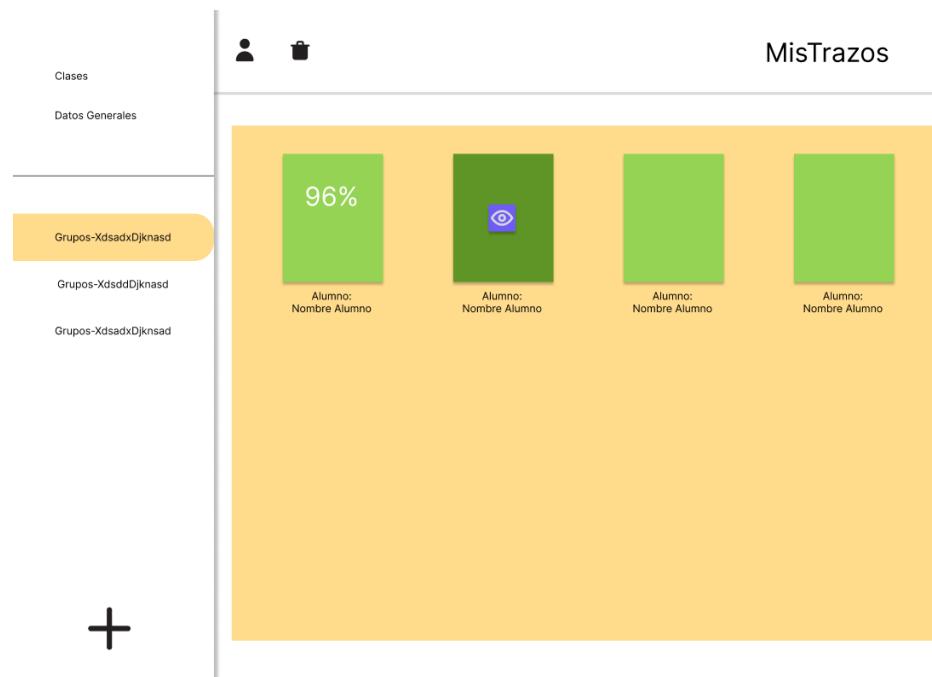


Figura 4.5.4 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta al Panel del menú correspondiente al Profesor, elaboración propia

La Figura 4.5.5 ilustra la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel de la Sección de Inicio del Alumno en la aplicación web.

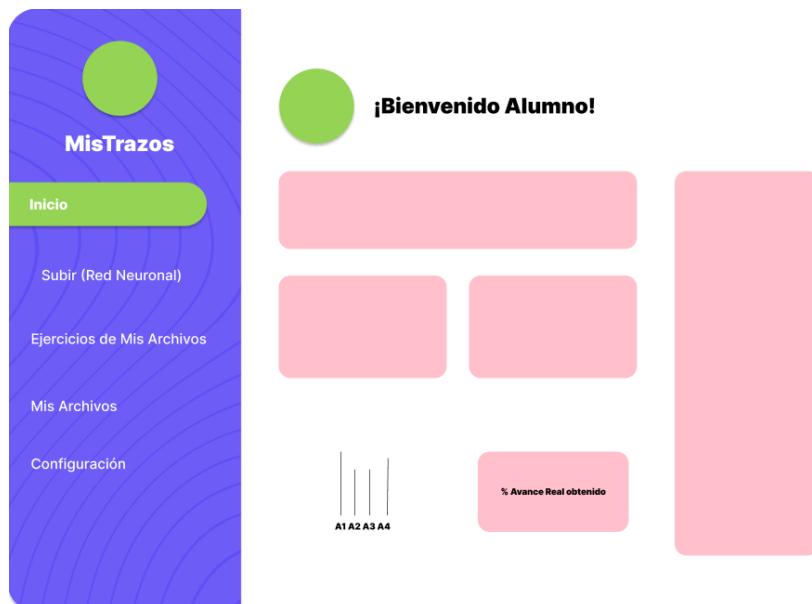


Figura 4.5.5 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Inicio, elaboración propia

La *Figura 4.5.6* muestra la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno, y la Sección de la Red Neuronal, en la aplicación web.

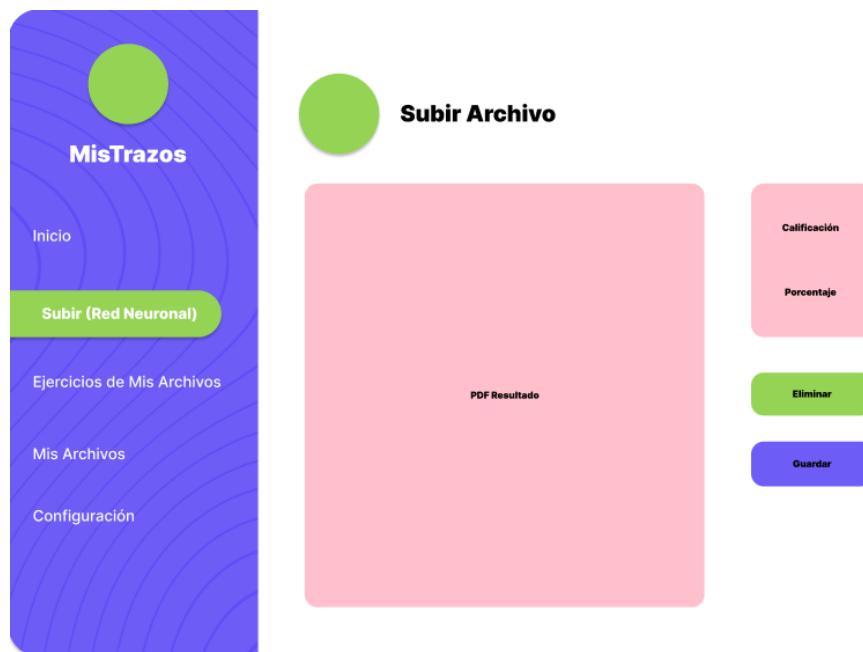


Figura 4.5.6 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Red Neuronal, elaboración propia

La *Figura 4.5.7* presenta la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta de Error 404 “Página No Encontrada” en la aplicación web.



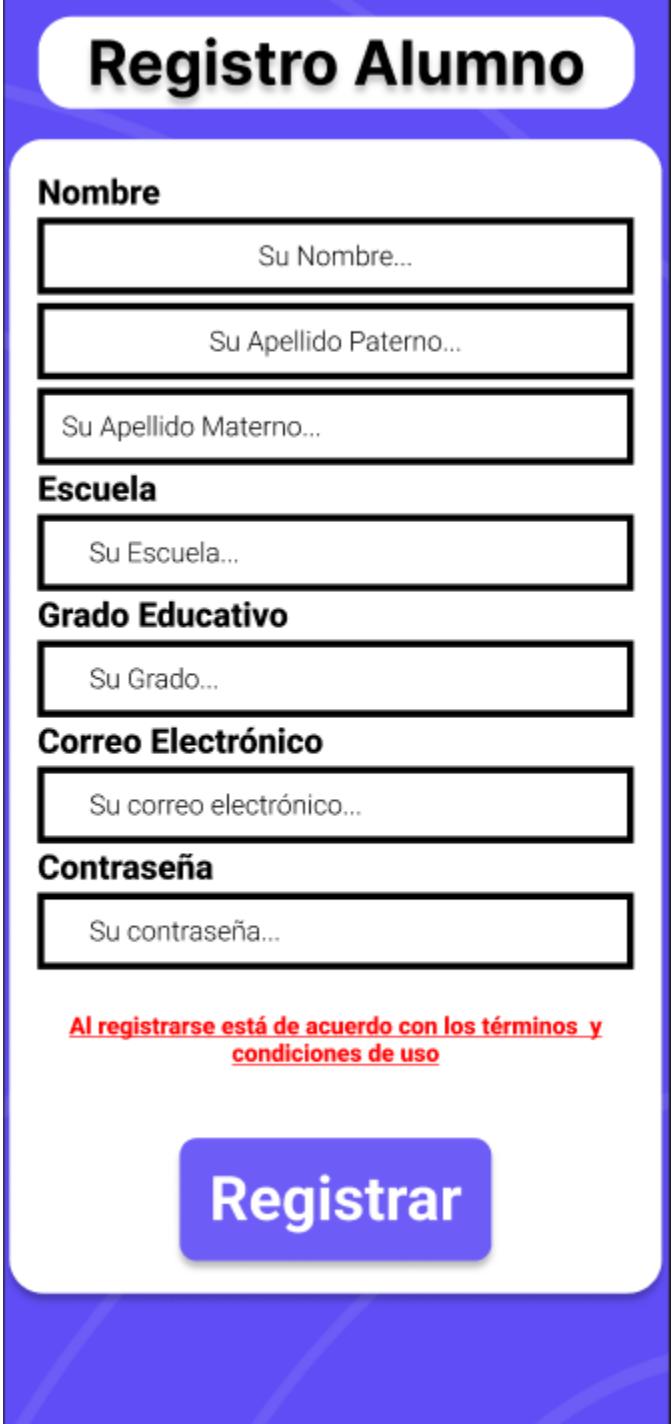
Figura 4.5.7 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta de Error 404, elaboración propia

La *Figura 4.5.8* representa la Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Login, de la aplicación web.



Figura 4.5.8 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Login, elaboración propia

La *Figura 4.5.9* ilustra la Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Registro de Alumno, de la aplicación web.



Registro Alumno

Nombre

Su Nombre...

Su Apellido Paterno...

Su Apellido Materno...

Escuela

Su Escuela...

Grado Educativo

Su Grado...

Correo Electrónico

Su correo electrónico...

Contraseña

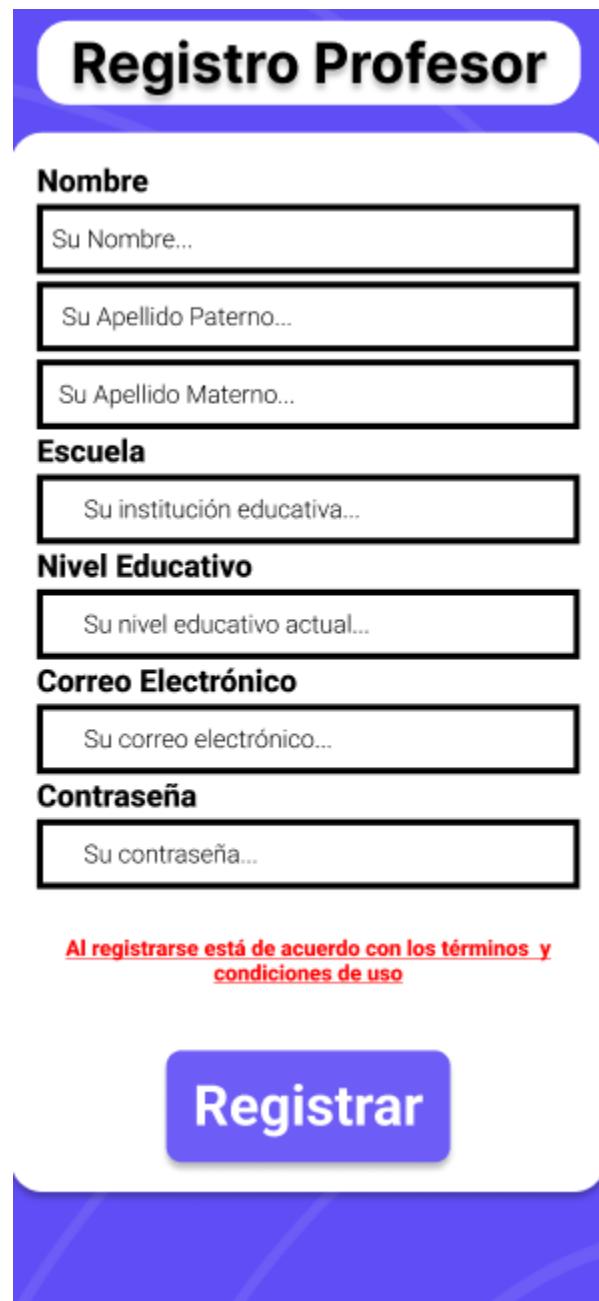
Su contraseña...

[Al registrarse está de acuerdo con los términos y condiciones de uso](#)

Registrar

Figura 4.5.9 Vista para dispositivos móviles de la maqueta de Registro Alumno,
elaboración propia

La *Figura 4.5.10* muestra la Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Registro del Profesor, en la aplicación web.



Registro Profesor

Nombre

Su Nombre...

Su Apellido Paterno...

Su Apellido Materno...

Escuela

Su institución educativa...

Nivel Educativo

Su nivel educativo actual...

Correo Electrónico

Su correo electrónico...

Contraseña

Su contraseña...

[Al registrarse está de acuerdo con los términos y condiciones de uso](#)

Registrar

Figura 4.5.10 Vista para dispositivos móviles de la maqueta de Registro Profesor,
elaboración propia

La *Figura 4.5.11* presenta la Vista para dispositivos móviles de la maqueta al Panel del Profesor, de la aplicación web.

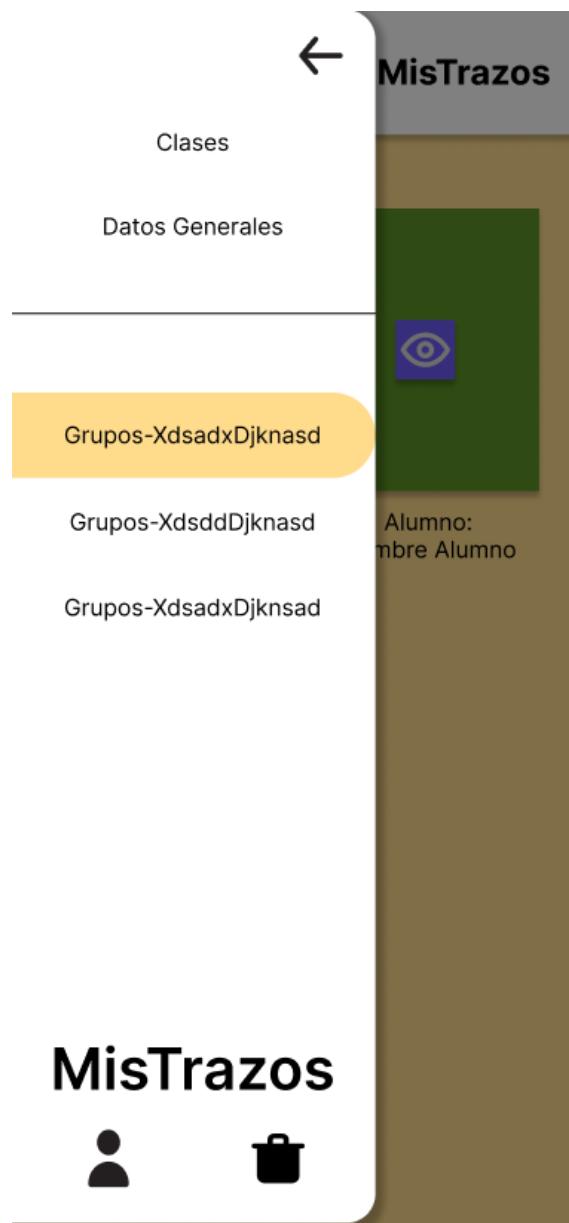


Figura 4.5.11 Vista para dispositivos móviles al Panel del menú correspondiente al Profesor, elaboración propia

La *Figura 4.5.12* ilustra la Vista para dispositivos móviles de la maqueta al Panel del Profesor, de la aplicación web.

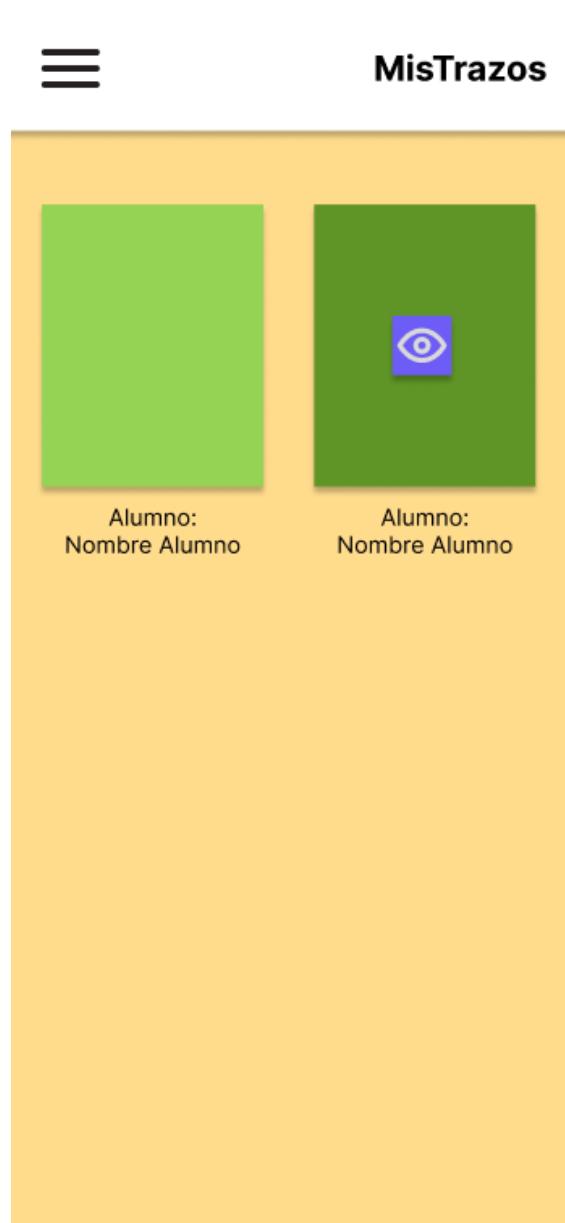


Figura 4.5.12 Vista para dispositivos móviles del Panel correspondiente al Profesor,
elaboración propia

La *Figura 4.5.13* representa la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta al Panel del menú correspondiente al Alumno, y de la aplicación web.



Figura 4.5.13 Vista para dispositivos móviles del Panel correspondiente al Alumno, menú, elaboración propia

La *Figura 4.5.14* ilustra la Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta al Panel de la Sección de Inicio correspondiente al Alumno, y de la aplicación web.

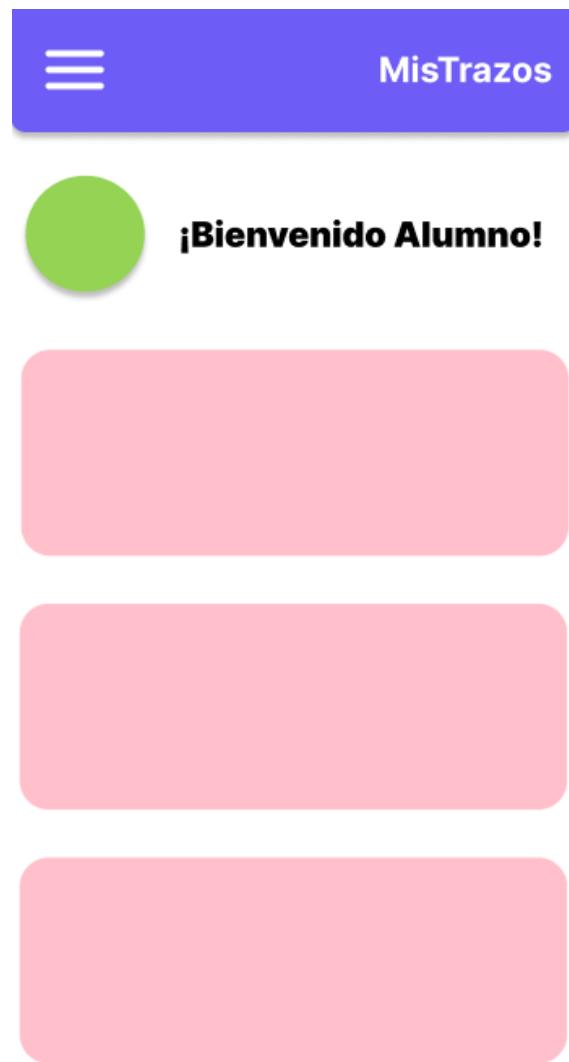


Figura 4.5.14 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Inicio, elaboración propia

4.6 Diseño Isotipo

El diseño del isotipo del Prototipo de Aplicación Web, *se ilustra en la Figura 4.6.1*, donde se compone principal de un lápiz, que simboliza el instrumento el cual se utiliza para realizar los trazos de las letras Mayúsculas y minúsculas en una hoja blanca, que representa de manera muy particular la plantilla donde se trazarán las diversas letras del abecedario (Mayúsculas y minúsculas), complementando con un símbolo de calificación “10”, cuya sello es muy distintivo por parte de los profesores al momento de evaluar un trabajo o tarea escolar realizado a mano.

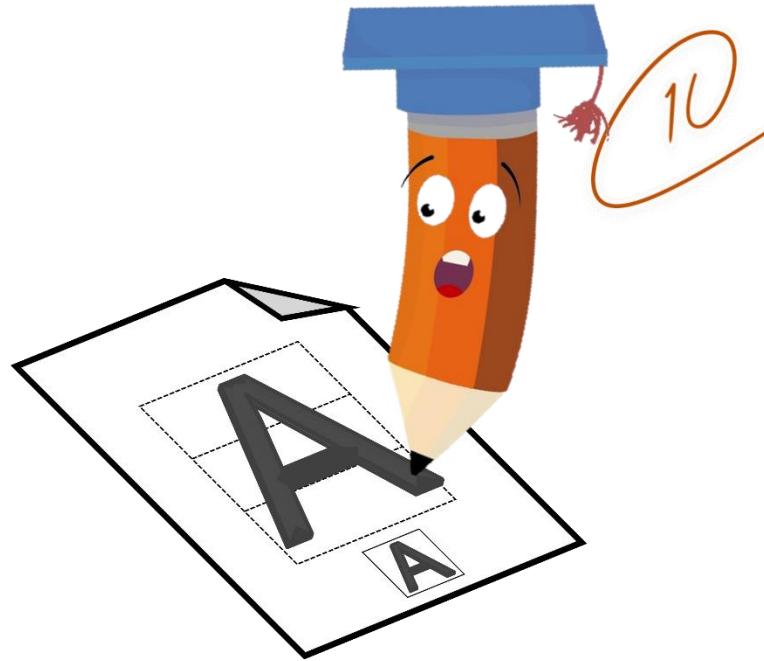


Figura 4.6.1 Diseño del Isotipo del Prototipo de Aplicación Web P.A.L.A.L.A, elaboración propia.

Se diseñó de esa manera para atraer interés, generar curiosidad y su simplicidad por parte de los alumnos de primero de primaria, debido a qué pueden ir mejorando su trazado de las letras de tipo molde (mayúsculas y minúsculas), teniendo el prototipo como una herramienta de apoyo.

Capítulo 5. Implementación y Pruebas

En el presente capítulo, se abordará una breve mención de las tecnologías empleadas en el desarrollo del Prototipo de Aplicación Web. También se proporcionará una descripción general e ilustrativa de las interfaces más relevantes que integran el Prototipo de Aplicación Web. Se destacará especialmente la importancia del backend, desempeñando un papel crucial en el funcionamiento general de la Aplicación Web. Por último, se detallarán las diversas pruebas realizadas para verificar los requisitos funcionales propuestos, con respecto a la aplicación a una escuela primaria de la Alcaldía Gustavo A. Madero.

5.1 Implementación del Prototipo de Aplicación Web

Para el desarrollo de la aplicación web utilizando la biblioteca de JavaScript conocida como React o React JS. Esta biblioteca facilita la creación de interfaces interactivas, permitiendo diseñar vistas simples que se actualizan y renderizan automáticamente cuando hay cambios en los datos. La elección de React se fundamenta en su capacidad para crear una página web compatible con dispositivos móviles sin necesidad de reescribir código para estas tecnologías.

Para trabajar con React, fue necesario descargar Node.js desde su página oficial (<https://nodejs.org/es/>). Node.js permite crear aplicaciones web utilizando JavaScript y, al instalarlo, obtenemos npm, una herramienta que posibilita la instalación de paquetes para añadir nuevas funciones a la aplicación, siendo compatibles con React.

Con Node.js instalado, para ejecutar una aplicación web desde la terminal, simplemente se escribe "npm start". Esto iniciará un servidor de desarrollo local al cual se puede acceder mediante la dirección (localhost:3000) en cualquier navegador.

Dado que React se basa en la creación de vistas, se estableció con claridad qué se quiere que el usuario vea. Se creó una carpeta que alberga las páginas con las que el usuario interactuará, como la página de inicio, preguntas frecuentes, contenido multimedia de los trazos de las letras de tipo molde Mayúsculas y minúsculas, carga de la imagen con los trazos previamente realizados, una página "Acerca de nosotros" y una de contacto.

Seguidamente, en la *Figura 5.1.1*, se da una visualización de las páginas desarrolladas para el Front-End. Cada página contiene componentes que se dedican a la funcionalidad de animaciones e interacciones, así mismo hacen que la Aplicación Web sea responsive y que ésta realice solicitudes o peticiones asíncronas al servidor basado en promesas llamadas de tipo *fetch*²².

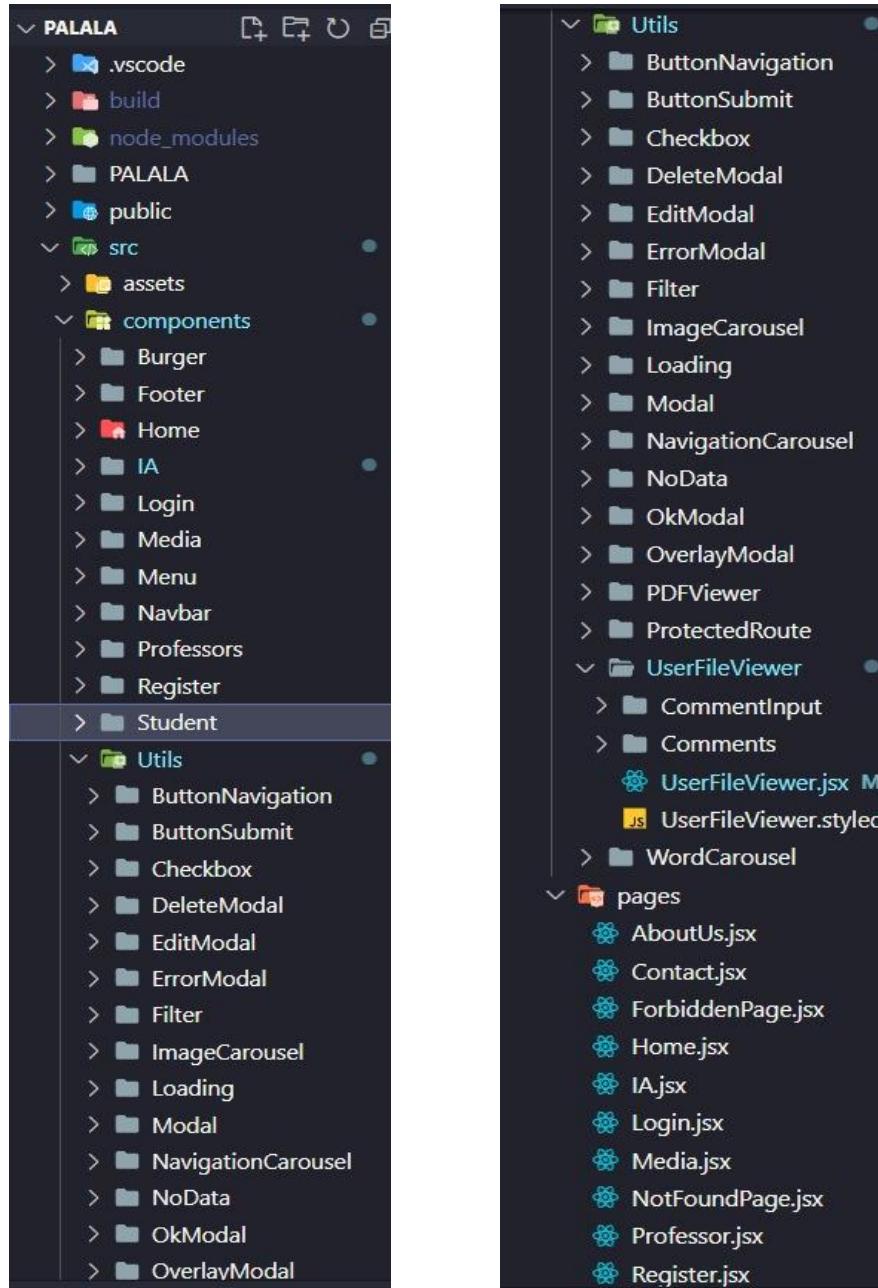


Figura 5.1.1 Archivos .jsx de las Páginas Trabajas del Front-End

²² Las promesas tipo *fetch*, en el contexto de Node.js, son métodos que facilitan la obtención de información dado un URL.

La aplicación cuenta con 8 módulos principales:

- ★ Módulo de Pantalla de Bienvenida/Principal.
- ★ Módulo de Registro de la Cuenta del Usuario.
- ★ Módulo de Inicio de Sesión.
- ★ Módulo de Subir y Control de Ajuste de la imagen de la Plantilla de los Trazos.
- ★ Módulo de Unirse a un Grupo.
- ★ Módulo de Contenido Multimedia.
- ★ Módulo de Creación de Grupos de Alumnos.
- ★ Módulo de Retroalimentación de los trazos de los Alumnos.

5.1.1 Módulo de Pantalla de Bienvenida/Principal

En la Figura 5.1.1.1, se muestra la interfaz más importante en el desarrollo de la Aplicación Web, la cual corresponde a la pantalla de Bienvenida o Principal, debido a que es el primer contacto que tendrá el usuario Alumno(a) o Profesor(a) al ingresar. En ella, se presenta un mensaje de bienvenida, invitando al usuario a utilizar nuestra inteligencia artificial para mejorar el trazado de las letras.

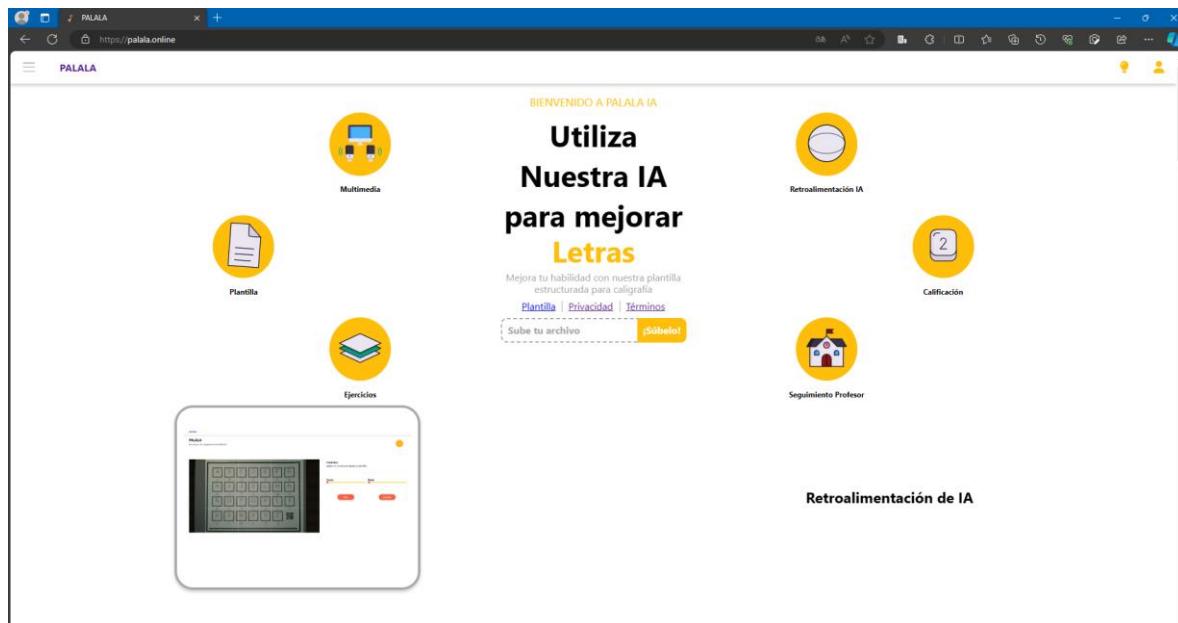


Figura 5.1.1.1 Pantalla de Bienvenida/Principal, elaboración propia.

5.1.2 Módulo de Registro de la Cuenta del Usuario

Acto seguido, la Figura 5.1.2.1, se ilustra la pantalla de registro de una cuenta nueva que se le mostrará al usuario Alumno(a) o Profesor(a), en caso de no contar con una, se le solicitará que ingrese sus datos en cada uno de los campos y por último el usuario encontrará un botón de enviar para finalizar el registro.

Entradas:

- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar, el nombre completo del usuario.
- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar el nombre de la escuela.
- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar el correo electrónico.
- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar la contraseña.
- ↳ Se da clic para aceptar términos y condiciones.

Salidas:

- ↳ Se procesará su solicitud y le redireccionará a la pantalla de inicio de la Aplicación Web.

The screenshot shows a web browser window with the title 'PALALA'. The URL in the address bar is 'https://palala.online/Register'. The page features a large, cartoonish pencil character on the left side. On the right, there is a registration form with the following fields:

Registro	
Nombre Completo	
Nombre	<input type="text"/>
Apellido Paterno	<input type="text"/>
Apellido Materno	<input type="text"/>
Escuela	
Nombre Escuela	<input type="text"/>
Correo Electrónico	
Correo Electrónico	<input type="text"/>
Contraseña	
Contraseña	<input type="password"/>
Confirmar Contraseña	
Confirmar Contraseña	<input type="password"/>

At the bottom of the form, there is a checkbox labeled 'Entiendo de acuerdo con' followed by a link 'Términos y Condiciones de Uso'. To the right of the form is a red 'Enviar' (Send) button.

Figura 5.1.2.1 Pantalla de Registro de la Cuenta del Usuario, elaboración propia.

5.1.3 Módulo de Inicio de Sesión

Consecuentemente la Figura 5.1.3.1, se visualiza la pantalla de inicio de sesión en la que se solicita el correo electrónico y contraseña para poder iniciar sesión e ingresar en la Aplicación Web. En caso de no tenerlo podrán seleccionar la opción de “¿No tienes una cuenta? Crea una aquí”.

Entradas:

- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar el correo electrónico.
- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar la contraseña.

Salidas:

- ↳ Se procesará su solicitud y le redireccionará a la pantalla de inicio de la Aplicación Web.

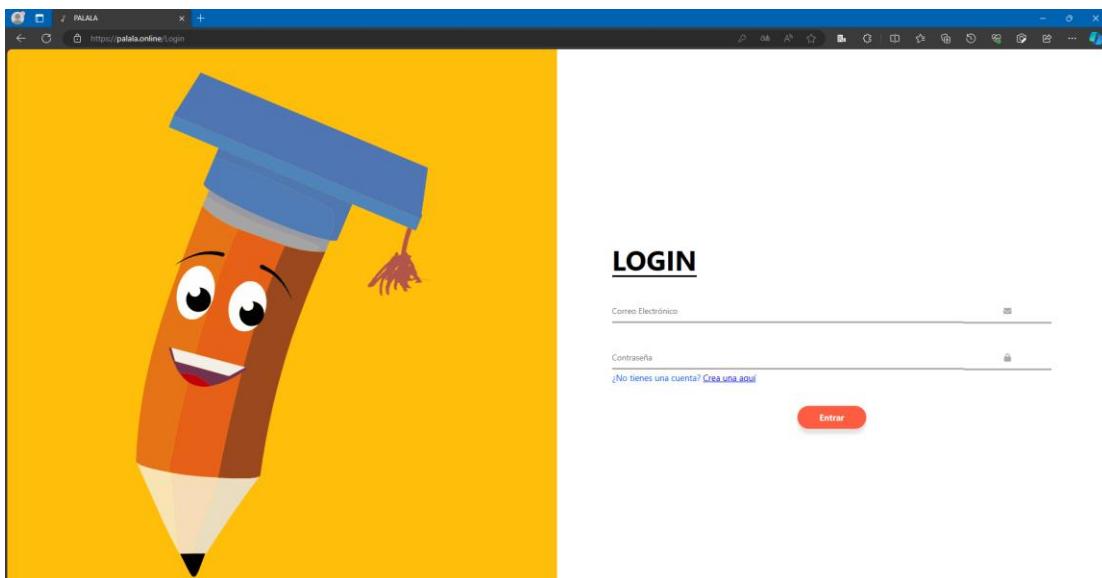


Figura 5.1.3.1 Pantalla de Inicio de Sesión, elaboración propia.

5.1.4 Módulo de Subir y Control de Ajuste de la imagen de la Plantilla de los Trazos.

En breves la Figura 5.1.4.1, se presenta la siguiente pantalla, en dónde pedirá “Subir la imagen o fotografía” de la plantilla de los trazos de las letras Mayúsculas y minúsculas.

Salidas:

- ↳ Se carga la imagen de la plantilla a evaluar con la Inteligencia Artificial.

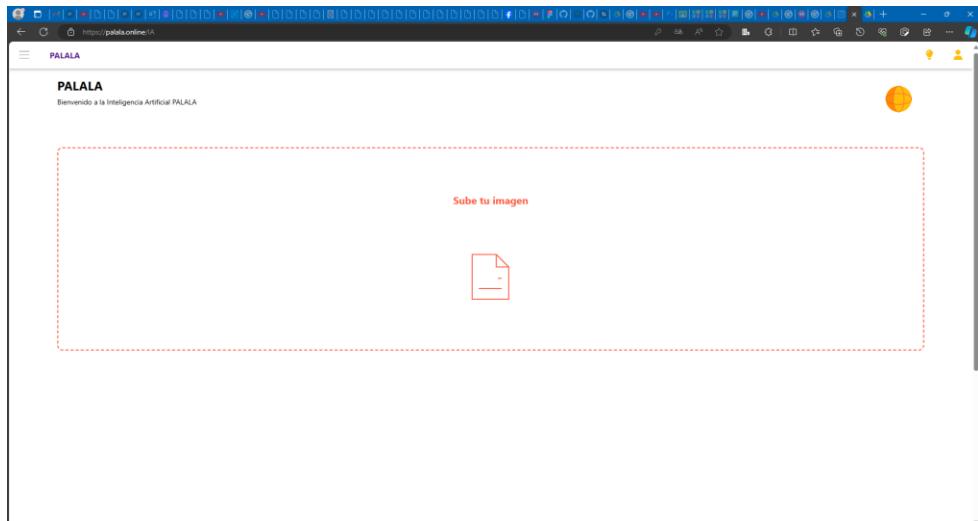


Figura 5.1.4.1 Pantalla de Subir la imagen de la Plantilla de los Trazos, elaboración propia.

Entradas:

- ↳ Se elige el control de ajuste de “Zoom” y “Rotar” a través de desplazamiento para enderezar lo más posible la imagen.

Salidas:

- ↳ Se envía la imagen de la plantilla para ser evaluada por la Inteligencia Artificial.

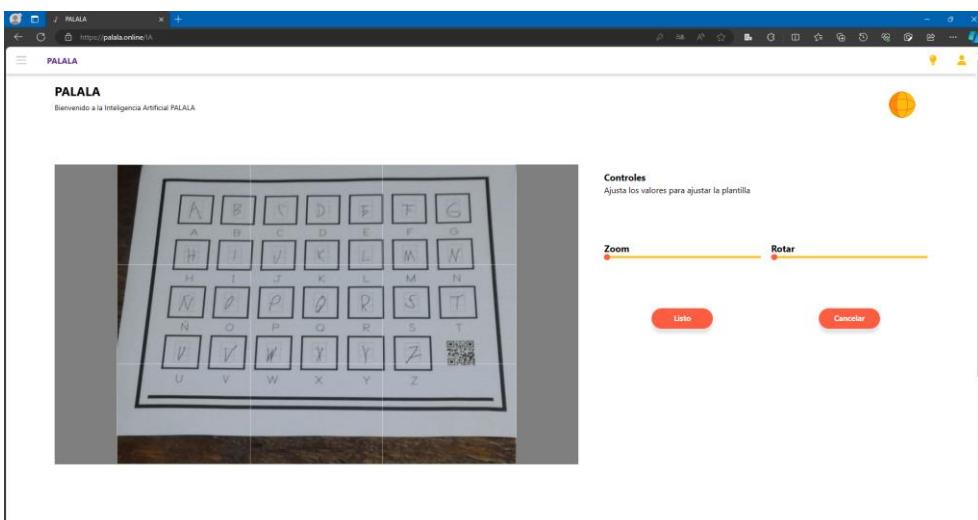


Figura 5.1.4.1 Pantalla de Control de Ajuste de la imagen de la Plantilla de los Trazos, elaboración propia

5.1.5 Módulo de Unirse a un Grupo

A continuación, la Figura 5.1.5.1, se muestra la pantalla para poder unir o agregar el grupo, por parte usuario Alumno estará

Entradas:

- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar el código proporcionado por el Profesor a cargo o titular.

Salidas:

- ↳ Se guarda el dato correspondiente del Módulo.

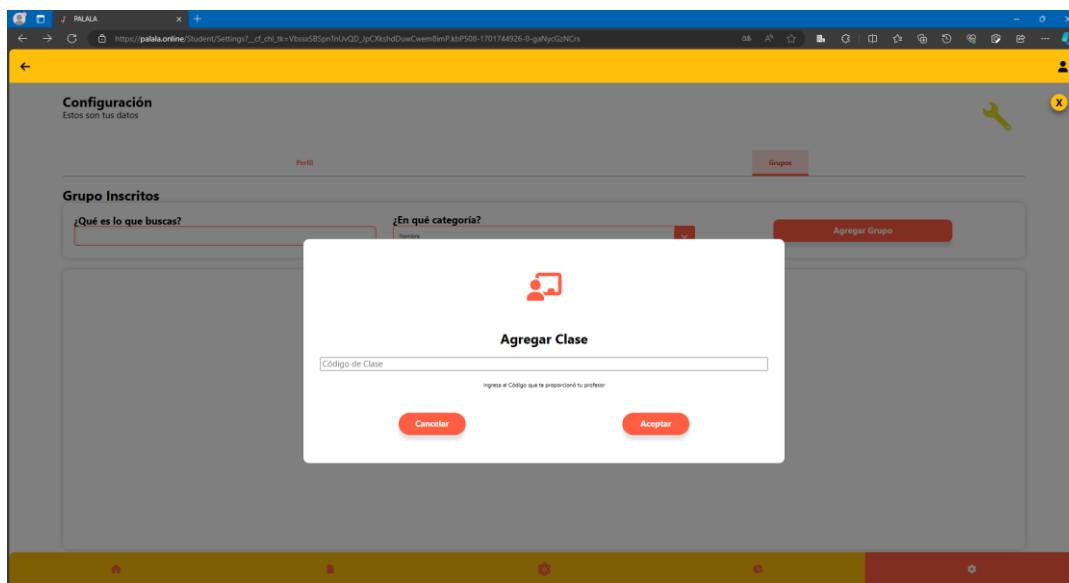


Figura 5.1.5.1 Pantalla de Contenido Multimedia, elaboración propia.

5.1.6 Módulo de Contenido Multimedia.

Consecuentemente la Figura 5.1.6.1, se visualiza la pantalla, donde el Alumno(a) se encontrará una serie de vídeos relacionados al trazado de las letras de tipo molde (Mayúsculas y minúsculas), en caso de que lo deseé.

Salidas:

- ↳ Se pulsa sobre cada una de las letras y elegir la letra Mayúscula ó minúscula a reproducir.

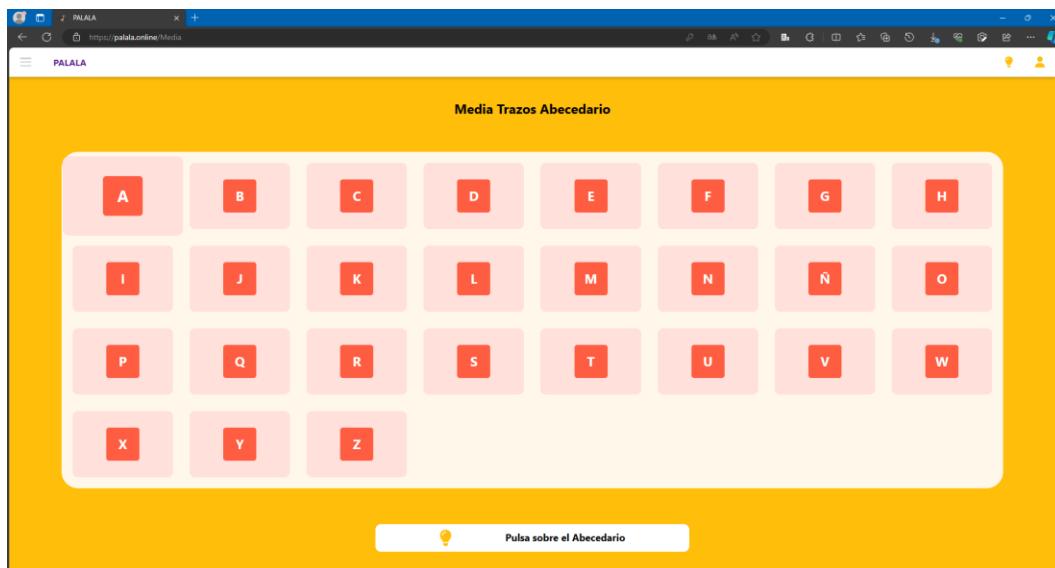


Figura 5.1.6.1 Pantalla de Contenido Multimedia, elaboración propia.

5.1.7 Módulo de Creación de Grupos de Alumnos.

Seguidamente la Figura 5.1.7.1, se ilustra la pantalla, para la creación de un grupo se solicita un nombre de grupo y un color distintivo que identificará el grupo o grupos que tendrá a cargo el Profesor(a).

Entradas:

- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar el nombre del grupo a cargo o titular del Profesor(a).
- ↳ Se elige un color distintivo que identificará el grupo o grupos que tendrá a cargo el Profesor(a).

Salidas:

- ↳ Se guarda el dato correspondiente del Módulo.

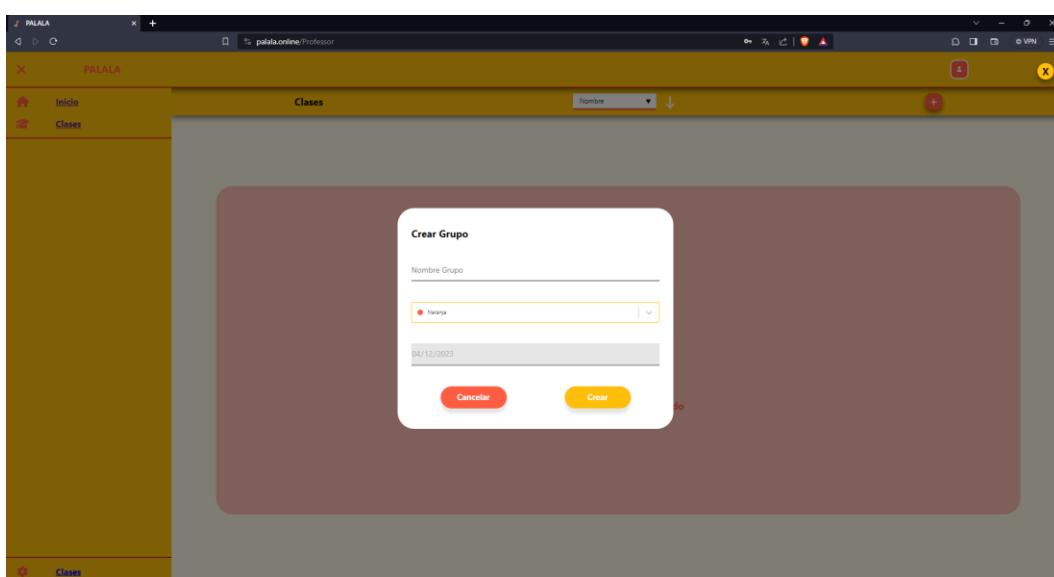


Figura 5.1.7.1 Pantalla de Creación de Grupos de Alumnos, elaboración propia.

5.1.8 Módulo de Retroalimentación de los trazos de los Alumnos

En la Figura 5.1.8.1, se presenta la pantalla una previsualización de los trazos que el alumno realizó, para que el Profesor(a), pueda evaluarlo conforme a su consideración pedagógica. Posteriormente, puedan 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 o felicitarlo en caso de que sus trazos sean aceptables.

Entradas:

- ↳ Se escribe a través del teclado del dispositivo a utilizar la Retroalimentación de los trazos realizados por el Alumno(a) por parte del Profesor(a) cargo o titular.

Salidas:

- ↳ Se guarda el dato correspondiente del Módulo

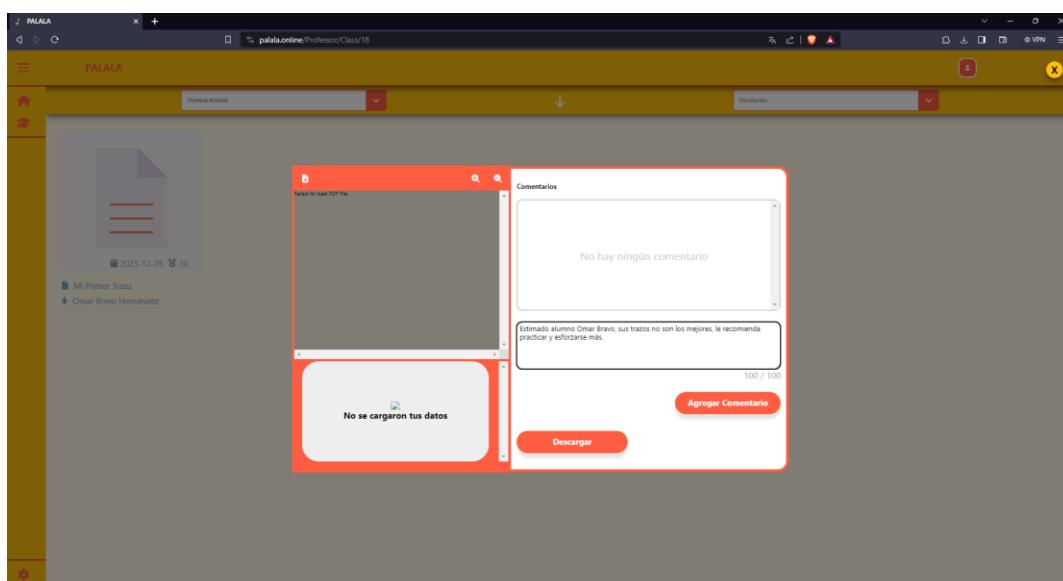


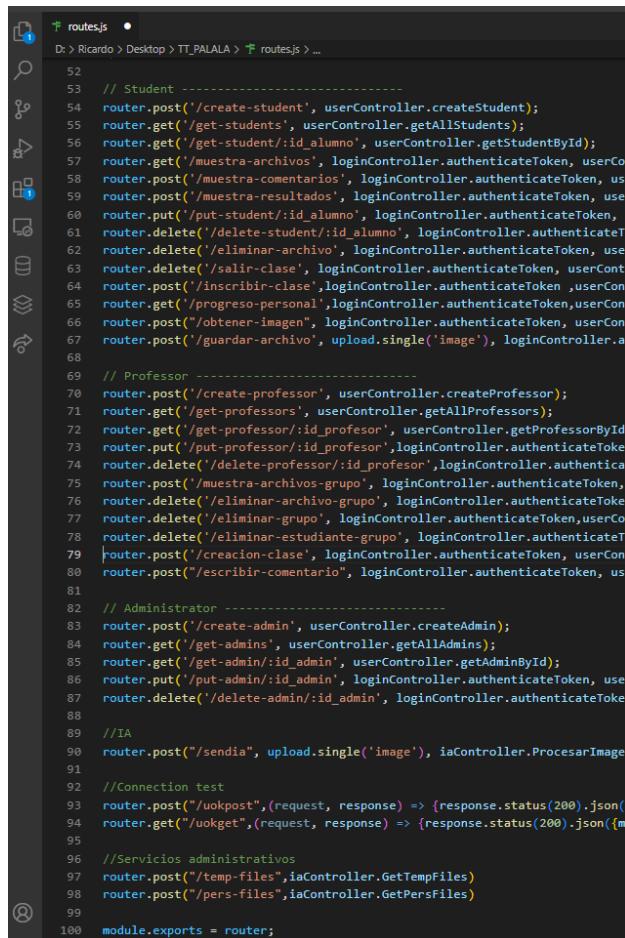
Figura 5.1.8.1 Pantalla de Retroalimentación de los trazos de los Alumnos, elaboración propia.

5.2 Implementación del Backend

5.2.1 Servicio web

Para el back-end se decidió trabajar con una Aplicación Web desarrollada en “Render”, debido a que de esta era fácil y rápida de implementar, además que permite una mejor integración con el modelo que se elaboró usando Python y la aplicación web trabajada en React. Si se desea desarrollar una aplicación web en “Render” lo primero que se tiene que hacer o que se recomienda hacer es crear un ambiente virtual usando “Render”, esto para separar nuestro entorno Python instalado originalmente del que se va a utilizar en la aplicación. Una vez realizado este procedimiento, se inició el desarrollo del código.

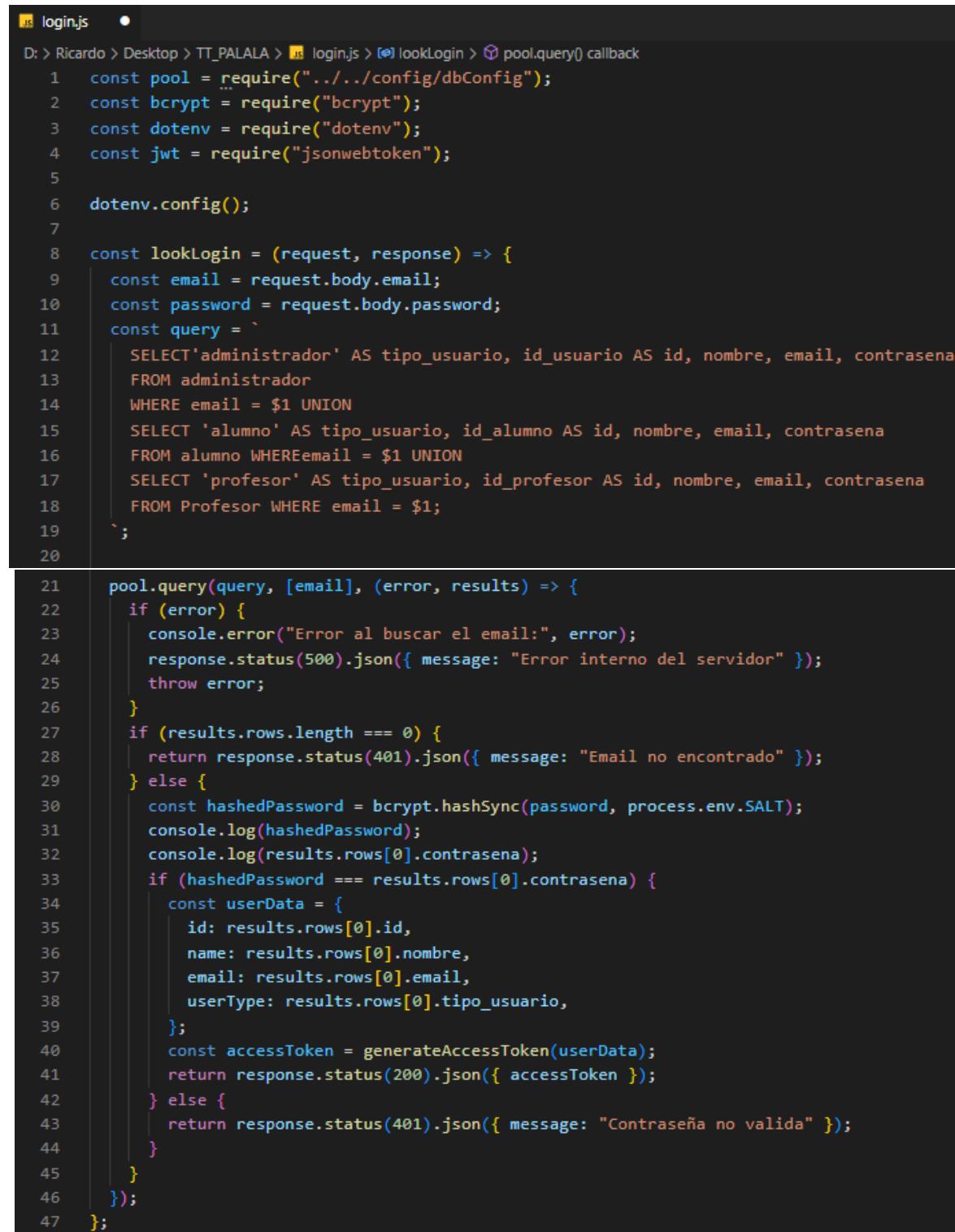
El API es el submódulo del servidor que permite comunicar el Front-End con el Backend. Consta de controladores y enrutadores, su función es reenviar la información codificada en las URL de solicitud a las funciones del controlador adecuadas. Dichos controladores contienen los métodos que realizan las tareas solicitadas sobre las entidades previamente enlistadas, *tal como se muestra en la Figura 5.2.1.1*



```
routes.js
D:\Ricardo\Desktop\TT_PALALA>routes.js > ...
52
53 // Student -----
54 router.post('/create-student', userController.createStudent);
55 router.get('/get-students', userController.getAllStudents);
56 router.get('/get-student/:id_alumno', userController.getStudentById);
57 router.get('/muestra-archivos', loginController.authenticateToken, userController.muestraArchivos);
58 router.post('/muestra-comentarios', loginController.authenticateToken, userController.muestraComentarios);
59 router.post('/muestra-resultados', loginController.authenticateToken, userController.muestraResultados);
60 router.put('/put-student/:id_alumno', loginController.authenticateToken, userController.putStudent);
61 router.delete('/delete-student/:id_alumno', loginController.authenticateToken, userController.deleteStudent);
62 router.delete('/eliminar-archivo', loginController.authenticateToken, userController.eliminarArchivo);
63 router.delete('/salir-clase', loginController.authenticateToken, userController.salirClase);
64 router.post('/inscribir-clase', loginController.authenticateToken, userController.inscribirClase);
65 router.get('/progreso-personal', loginController.authenticateToken, userController.progresoPersonal);
66 router.post('/obtener-imagen', loginController.authenticateToken, userController.obtenerImagen);
67 router.post('/guardar-archivo', upload.single('image'), loginController.guardarArchivo);
68
69 // Professor -----
70 router.post('/create-professor', userController.createProfessor);
71 router.get('/get-professors', userController.getAllProfessors);
72 router.get('/get-professor/:id_profesor', userController.getProfessorById);
73 router.put('/put-professor/:id_profesor', loginController.authenticateToken, userController.putProfessor);
74 router.delete('/delete-professor/:id_profesor', loginController.authenticateToken, userController.deleteProfessor);
75 router.get('/muestra-archivos-grupo', loginController.authenticateToken, userController.muestraArchivosGrupo);
76 router.delete('/eliminar-archivo-grupo', loginController.authenticateToken, userController.eliminarArchivoGrupo);
77 router.delete('/eliminar-grupo', loginController.authenticateToken, userController.eliminarGrupo);
78 router.delete('/eliminar-estudiante-grupo', loginController.authenticateToken, userController.eliminarEstudianteGrupo);
79 router.post('/creacion-clase', loginController.authenticateToken, userController.crearClase);
80 router.post('/escribir-comentario', loginController.authenticateToken, userController.escribirComentario);
81
82 // Administrator -----
83 router.post('/create-admin', userController.createAdmin);
84 router.get('/get-admins', userController.getAllAdmins);
85 router.get('/get-admin/:id_admin', userController.getAdminById);
86 router.put('/put-admin/:id_admin', loginController.authenticateToken, userController.putAdmin);
87 router.delete('/delete-admin/:id_admin', loginController.authenticateToken, userController.deleteAdmin);
88
89 //IA
90 router.post('/sendia', upload.single('image'), iaController.ProcesarImagen);
91
92 //Connection test
93 router.post('/uokpost',(request, response) => {response.status(200).json('OK')});
94 router.get('/uokget',(request, response) => {response.status(200).json('OK')});
95
96 //Servicios administrativos
97 router.post('/temp-files',iaController.GetTempFiles);
98 router.post('/pers-files',iaController.GetPersFiles);
99
100 module.exports = router;
```

Figura 5.2.1.1 Rutas del CRUD del alumno, profesor, archivos y clases del Código de la API

Para realizar la tarea más importante de la Aplicación Web, es la autenticación de usuarios, se desarrolló el código de la *figura 5.2.1.2*:



```
login.js ●
D: > Ricardo > Desktop > TT_PALALA > login.js > lookLogin > pool.query() callback
1 const pool = require("../config/dbConfig");
2 const bcrypt = require("bcrypt");
3 const dotenv = require("dotenv");
4 const jwt = require("jsonwebtoken");
5
6 dotenv.config();
7
8 const lookLogin = (request, response) => {
9   const email = request.body.email;
10  const password = request.body.password;
11  const query = `
12    SELECT 'administrador' AS tipo_usuario, id_usuario AS id, nombre, email, contrasena
13    FROM administrador
14    WHERE email = $1 UNION
15    SELECT 'alumno' AS tipo_usuario, id_alumno AS id, nombre, email, contrasena
16    FROM alumno WHERE email = $1 UNION
17    SELECT 'profesor' AS tipo_usuario, id_profesor AS id, nombre, email, contrasena
18    FROM Profesor WHERE email = $1;
19  `;
20
21  pool.query(query, [email], (error, results) => {
22    if (error) {
23      console.error("Error al buscar el email:", error);
24      response.status(500).json({ message: "Error interno del servidor" });
25      throw error;
26    }
27    if (results.rows.length === 0) {
28      return response.status(401).json({ message: "Email no encontrado" });
29    } else {
30      const hashedPassword = bcrypt.hashSync(password, process.env.SALT);
31      console.log(hashedPassword);
32      console.log(results.rows[0].contrasena);
33      if (hashedPassword === results.rows[0].contrasena) {
34        const userData = {
35          id: results.rows[0].id,
36          name: results.rows[0].nombre,
37          email: results.rows[0].email,
38          userType: results.rows[0].tipo_usuario,
39        };
40        const accessToken = generateAccessToken(userData);
41        return response.status(200).json({ accessToken });
42      } else {
43        return response.status(401).json({ message: "Contraseña no valida" });
44      }
45    }
46  });
47};
```

```

48
49  const generateAccessToken = (userData) => {
50    return jwt.sign(userData, process.env.TOKEN_SECRET);
51  };
52
53  const authenticateToken = (request, response, next) => {
54    const token = request.header("Authorization");
55    if (!token || token === ""){
56      return response.status(401).json({ message: "No token sent" });
57    }
58
59    jwt.verify(token, process.env.TOKEN_SECRET, (error, userData) => {
60      if (error) {
61        console.log(error);
62        return response.status(403).json({ message: "Invalid token" });
63      }
64
65      request.userData = userData;
66      next();
67    });
68  };
69
70  module.exports = {
71    lookLogin,
72    generateAccessToken,
73    authenticateToken,
74  };
75

```

Figura 5.2.1.2 Código de autenticaciones de los usuarios registrados.

El código anterior, implementa funciones relacionadas con la autenticación de usuarios en una aplicación. En particular, la función *lookLogin* busca las credenciales del usuario (nombre de usuario y contraseña) en una base de datos y genera un token de acceso si las credenciales son válidas. La función *generateAccessToken* crea un token de acceso utilizando la biblioteca jsonwebtoken. La función *authenticateToken* verifica la validez de un token enviado en la cabecera de una solicitud HTTP y permite el acceso a la siguiente función middleware si el token es válido. Estas funciones son exportadas para su uso en otras partes de la Aplicación Web.

Una vez terminado con la autenticación de usuarios, es enviado a la página web desarrollada en React como una respuesta.

El árbol de archivos completo puede ser consultada en el repositorio referenciada en el capítulo del despliegue del back-end, donde se describen algunos archivos que no se explicaron en el presente.

5.2.2 Implementación de la inteligencia artificial

5.2.2.1 Codificación

La implementación de la inteligencia artificial, como dicho en capítulos previos, se realizó con Python, sin embargo, no todos los códigos para su implementación están en los archivos del servidor. Todos los archivos generados se visualizan en la figura 5.2.2.1.

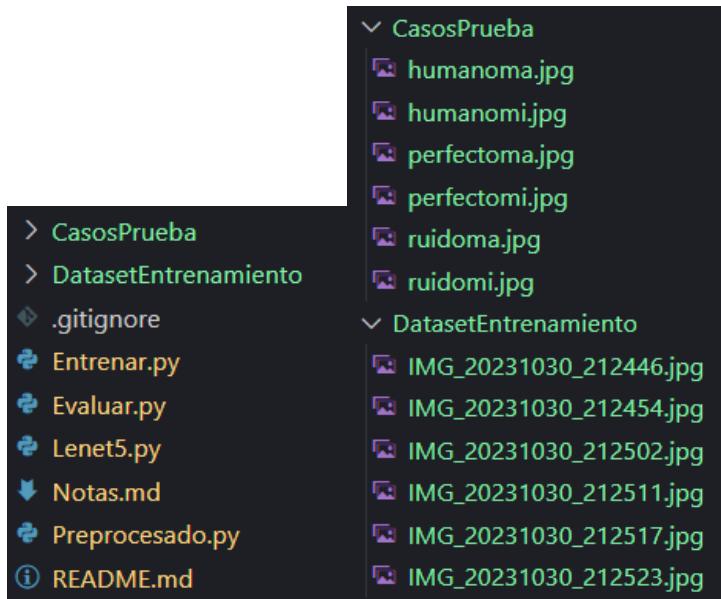


Figura 5.2.2.1.1 Archivos generados para el funcionamiento de la inteligencia artificial

Los archivos terminados en .py son los codificados en Python, mientras que los que restan son de documentación y manejo de versiones²³. A continuación, se explica el contenido y función de cada archivo:

- ↳ **Preprocesado.py:** consiste en una serie de funciones y una clase para, dada una entrada (fotografía de la plantilla en formato jpg, png o jpeg) devolver un objeto que describa el resultado de su reorientación, segmentación e interpretación (interpretación del QR). Este objeto, generado con la clase descrita dentro del archivo, se utiliza como entrada para el archivo Entrenar.py o Evaluar.py.
- ↳ **Lenet5.py:** describe la arquitectura de la red neuronal. En éste se implementan las diferentes transformaciones que sufre una entrada al entrar a la red.
- ↳ **Entrenar.py:** toma como entrada un objeto definido en Preprocesado.py y la arquitectura definida en Lenet5.py para entrenar la red neuronal (este aspecto se profundizará posteriormente).
- ↳ **Evaluar.py:** toma como entrada un objeto definido en Preprocesado.py y la arquitectura definida en Lenet5.py para generar el resultado de la evaluación de la plantilla originalmente ingresada en el preprocesado en un archivo de tipo JSON.
- ↳ **Dataset's:** CasosPrueba y DatasetReal son carpetas fotografías de las plantillas que se usaron para probar y entrenar la red, respectivamente.

²³ Para acceder el repositorio de este módulo se puede usar el siguiente vínculo: https://github.com/alg/Caligraphy_with_Lenet-5

5.2.2.2 Preprocesado de imágenes

En previos capítulos es explicado el cómo se preprocesaría la imagen antes de ser introducida en la red neuronal, sin embargo, luego de hacer pruebas (explicadas en el capítulo 5.2.2.3) se decidió cambiar ligeramente.

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 5.2.2.2.1:

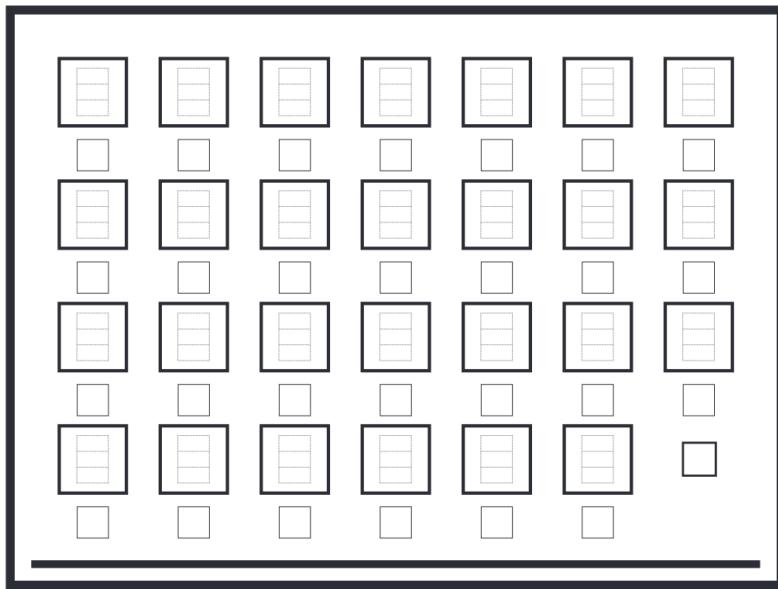


Figura 5.2.2.2.1 Versión final de la plantilla de escritura

Para visualizar y ejemplificar este proceso, se muestran capturas de cómo la imagen es tratada con un ejemplar real (figura 5.2.2.2)

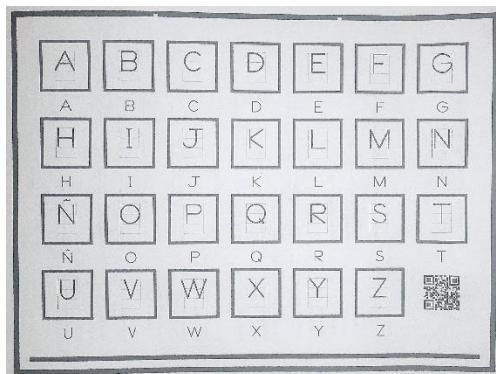


Figura 5.2.2.2.2 Fotografía de plantilla impresa con letras generadas por computadora

El primer paso es validar la imagen, situación que no puede ser visualizada, pero en la figura 5.2.2.2.3 se ve el código que la realiza:

```
def ValidarImagen(fuente):
    if eco:print("Validando imagen...")

    # Leer la imagen
    #crear el objeto de retorno
    res=Resultado(fuente)

    #obtener la imagen original
    try:
        res_img=cv2.imread(fuente)
    except FileNotFoundError:
        return (ErrorDeProcesamiento(res, "No se pudo leer la imagen"),None)
    except:
        return ErrorDeProcesamiento(res)

    # Validad el contenido de la imagen
    # Validad el contenido de la imagen

    if res_img is None:
        return (ErrorDeProcesamiento(res, "No se pudo leer la imagen"),None)

    if res_img.size==0 or res_img.shape[0]==0 or res_img.shape[1]==0:
        return (ErrorDeProcesamiento(res, "La imagen está vacía"),None)

    res.preprocesadoExitoso=True

    if eco:print("Imagen validada")
    return (res, res_img)
```

Figura 5.2.2.2.3 Código de validación de la imagen

Posteriormente, se ajusta la imagen a un rectángulo, para ello se aísla un solo canal y luego se ocupan filtros de imagen y un algoritmo de detección de bordes. Enlistándolos en orden, tenemos un filtro gaussiano, un filtro bilateral (usado para disminuir el ruido en zonas que no parecen seguir una línea recta horizontal o vertical), un filtro “cany” que ayuda a aumentar el contraste de una imagen para facilitar la detección de los bordes, en la detección de bordes, se selecciona el borde más grande y, para fines visuales de este documento, se dibuja (se encuentra en negro dado que la imagen está en un solo canal), por último, basado en este borde, se recorta, esta secuencia se ve ilustrada en la figura 5.2.2.2.4

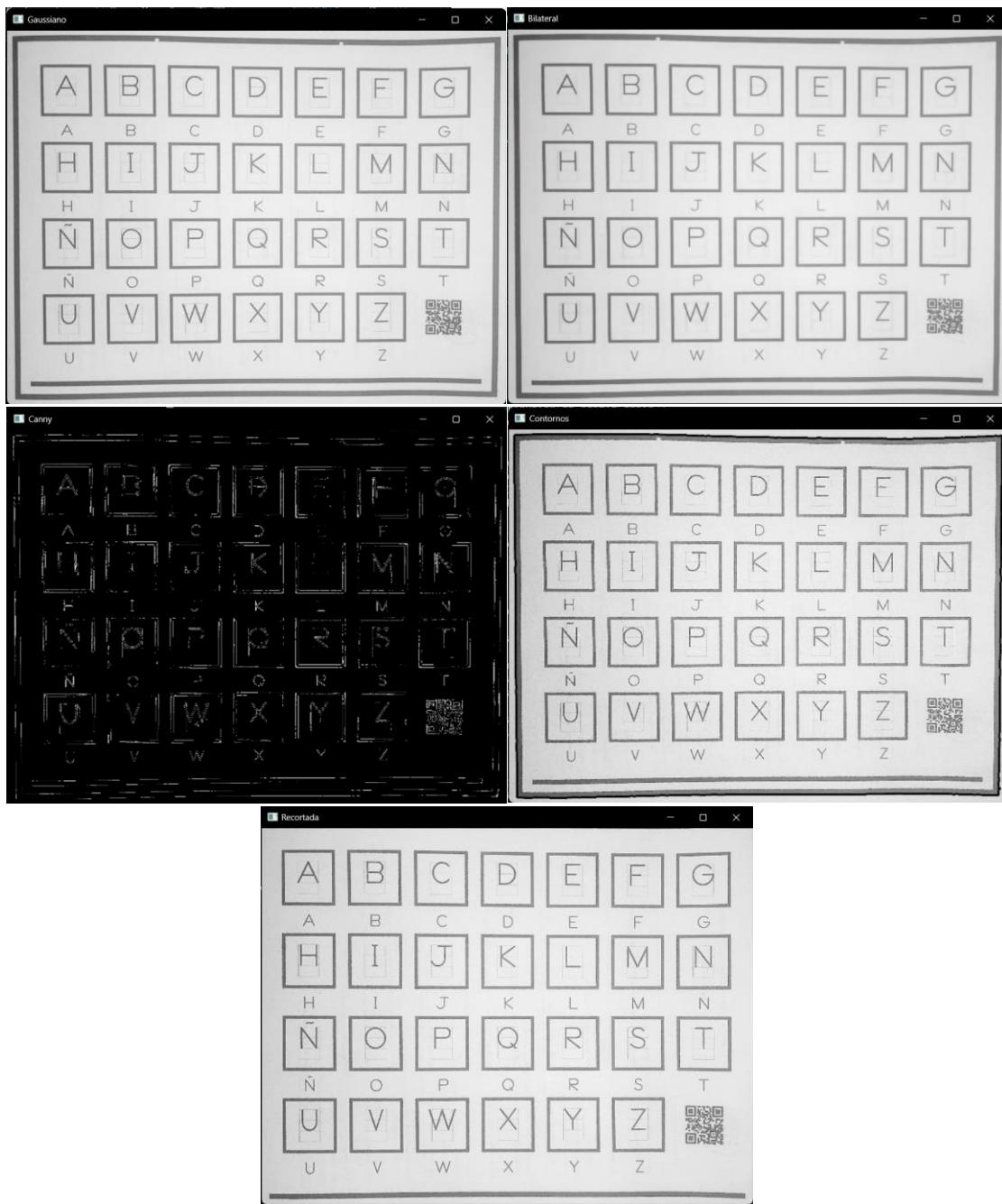


Figura 5.2.2.2.4 Secuencia de ajuste de la imagen en un rectángulo

En seguida, se reorienta la imagen repitiendo el proceso anterior con la diferencia de que el borde se analiza el borde más grande encontrado para inferir su rotación y, en caso de ser necesario, reorientar la imagen (con giros de ángulos múltiplos de 90°).

Terminada la reorientación, se segmenta la imagen en 28 recuadros (27 para letras y uno para el QR que describe la serie de letras a evaluar), en la figura 5.2.2.2.5 se muestra un segmento resultante de este proceso. Inmediatamente, se repite el proceso anteriormente descrito para el ajuste el a imagen en un rectángulo, pero en este caso, para un cuadrado, teniendo la imagen resultante como la que sería la entrada a la red neuronal. Esta imagen también se visualiza con la figura 5.2.2.2.5:

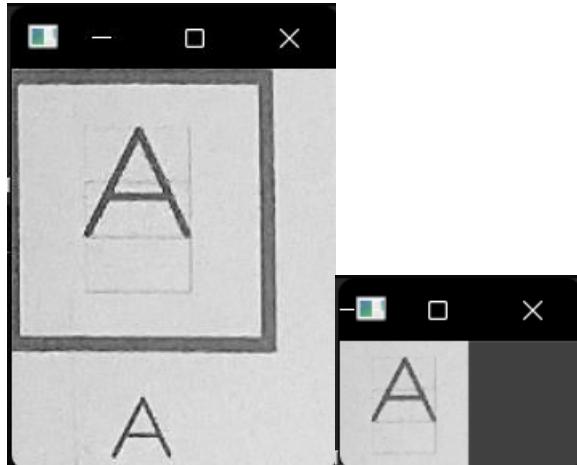


Figura 5.2.2.2.5 Preprocesado de un fragmento de la plantilla, así como su resultado

5.2.2.3 Dataset y ajuste de hiperparámetros

El dataset de pruebas y de entrenamiento fueron generadas con la versión mejorada de plantilla, presentada previamente. La plantilla es descargable desde el front y puede contener, o bien, letras mayúsculas o minúsculas. Ejemplos de estos se encuentran en los anexos, en las secciones de dataset's.

Haciendo enfoque en los hiperparámetros, encontramos los siguientes:

- ↳ **Épocas:** el número de iteraciones que tendrá el entrenamiento (cada iteración implica pasar todas las entradas y ajustar cada valor de la red).
- ↳ **Normalización:** la entrada se normaliza en valores entre 0 y 1 en lugar de 0 y 255
- ↳ **Contraste:** para cada píxel, se converge el valor de éste a 0 o 1 dependiendo si es menor o mayor a la media (255/2).
- ↳ **Coeficiente de aprendizaje:** la proporción del ajuste entre cada iteración.
- ↳ **Factor de escalamiento:** la proporción deseada de entrada de la imagen con respecto a la establecida en la arquitectura original del paper (32x32)

Para encontrar los mejores hiperparámetros, se probaron distintos valores y sus combinaciones, estos resultados están plasmados en la tabla 5.2.2.3.1, donde, adicionalmente a los hiperparámetros, se adjunta la precisión del modelo generado, así como el tiempo que tomó hacerlo.

Tabla 5.2.2.3.1 Comparación de hiperparámetros para la red neuronal

Iteraciones	Coeficiente de aprendizaje	Factor de escalamiento	Normalización	Contraste	Precisión (%)	Tiempo de entrenado (horas-minutos-segundos)
500	0.01	1	False	False	1.851851852	0-9-50
500	0.01	1	True	False	100	0-12-19
500	0.01	1	False	True	1.851851852	0-12-1
500	0.01	2	False	False	1.851851852	0-14-35
500	0.01	2	True	False	1.851851852	0-12-48
500	0.01	2	False	True	1.851851852	0-12-1
500	0.001	1	False	False	100	0-9-3
500	0.001	1	True	False	98.14814815	0-8-54
500	0.001	1	False	True	100	0-9-1
500	0.001	2	False	False	100	0-12-0
500	0.001	2	True	False	100	0-12-8
500	0.001	2	False	True	100	0-12-17
1000	0.01	1	False	False	1.851851852	0-18-3
1000	0.01	1	True	False	100	0-20-0
1000	0.01	1	False	True	1.851851852	0-22-20
1000	0.01	2	False	False	1.851851852	0-29-42
1000	0.01	2	True	False	1.851851852	0-28-39
1000	0.01	2	False	True	1.851851852	0-24-37
1000	0.001	1	False	False	100	0-18-8
1000	0.001	1	True	False	100	0-20-4
1000	0.001	1	False	True	100	0-18-8
1000	0.001	2	False	False	100	0-24-26
1000	0.001	2	True	False	100	0-26-34
1000	0.001	2	False	True	100	0-24-20

Localizando las de mejor valor, nos quedamos que los modelos con entradas normalizadas, con factor de escalamiento 2 y de coeficiente de aprendizaje 0.001, dado que nos ofrecen los mejores resultados en una mayor cantidad.

Tomando en cuenta esta selección, se entrenaron otros 2 modelos, uno con 5000 y 10000 iteraciones. Posteriormente se evaluaron los casos de prueba (expuestos en los anexos) donde se incluía una entrada “perfecta” (generada por computadora), una humana y una con ruido (resultado de modificar la humana). Los resultados de evaluar estas entradas con los modelos de 1K, 5K y 10K iteraciones se han colocado en los anexos, pero se muestran aquí una parte de ello en la tabla 5.2.2.3.2.

Tabla 5.2.2.3.2 Evaluación de los modelos entrenados con 3 tipos distintos de entradas

A			C		
1000			1000		
Perfecto	Humano	Ruido	Perfecto	Humano	Ruido
0.0	2.4612	2.8774	0.0	0.0404	1.4179
5000			5000		
Perfecto	Humano	Ruido	Perfecto	Humano	Ruido
0.0	0.0	0.0005	0.0	0.0031	5.4495
10000			10000		
Perfecto	Humano	Ruido	Perfecto	Humano	Ruido
0.0	0.4434	1.0617	0.0	0.0504	2.0608

Cabe resaltar que los números plasmados en la tabla miden la precisión del modelo con respecto a la entrada, en este caso, es la cantidad del error que arroja la red neuronal al pasar cada entrada (valor que posteriormente fue normalizado y, en conjunto a la predicción, asignado como calificación de la entrada en una escala del 0-10 de cada entrada).

Los modelos seleccionados son los anteriores (1,000, 5,000, y 10,000 iteraciones) en conjunto a unos adicionales complementarios (2,500, 7,500).

5.3 Despliegue del Back-End

5.3.1 Servicio web

En el despliegue del servidor web Palala, se implementaron diversas estrategias para garantizar una ejecución eficiente, portabilidad y seguridad de este proyecto de IA-web.

Como ya dicho, se optó por dividir la arquitectura en dos partes clave: el frontend y el backend. El frontend fue desplegado en Cloudflare, aprovechando sus servicios de red de entrega de contenido (CDN) para mejorar la velocidad de carga y la distribución global del sitio. Por otro lado, el backend se desplegó en Render, utilizando su servicio de despliegue por repositorio de GitHub. Esta elección se basó en la simplicidad y eficacia que ofrece Render para la implementación y escalabilidad de aplicaciones web. Además, se adoptó la modalidad de contenedor Docker para el backend, permitiendo una gestión más eficiente de las dependencias y un entorno de ejecución aislado.

El proceso de despliegue se inició mediante la vinculación del repositorio de GitHub²⁴ con Render, estableciendo así una conexión continua que facilita las actualizaciones automáticas del servidor. Al recibir cambios en el repositorio, Render generó una imagen Docker que encapsula todas las dependencias y configuraciones necesarias para el backend de Palala.

Una vez creada la imagen Docker, se procedió al despliegue automático en los servidores de Render. Este enfoque simplifica el proceso, asegurando que la aplicación se mantenga siempre actualizada con las últimas versiones del código fuente.

The screenshot shows the Render dashboard for the 'palala-back' service. At the top, there are tabs for 'Dashboard', 'Blueprints', 'Env Groups', 'Docs', 'Community', and 'Help'. On the right, there are buttons for 'New', 'Connect', and 'Manual Deploy'. Below the tabs, it shows the service name 'palala-back' and its status as 'Docker Standard'. It also displays the GitHub repository 'a-elg / PALALABack' and the branch 'main'. A link to the service's URL 'https://palala-back.onrender.com' is provided. The main area is titled 'Events' and lists two deployment entries:

- Deploy live for 5307118: python->python3, domain:local->render (December 6, 2023 at 3:24 PM)
- Deploy started for 5307118: python->python3, domain:local->render (New commit via Auto-Deploy, December 6, 2023 at 3:16 PM)

On the left sidebar, there are links for 'Logs', 'Disks', 'Environment', 'Shell', 'Previews', 'Jobs', 'Metrics', and 'Scaling'. The 'Events' link is currently selected.

Figura 5.3.1.1 Dashboard de Palala en Render

En la Figura anterior (figura 5.3.1) se puede visualizar el dashboard de Palala, en él podemos ver el registro de despliegos de acuerdo con cada cambio del repositorio, de la misma manera podemos ver diversas opciones para monitorizar y gestionar el servidor.

²⁴ El repositorio está disponible en <https://github.com/a-elg/PALALABack>

La razón para escoger Docker como un medio de despliegue es debido a la conservación de las dependencias con sus respectivas versiones específicas, especificaciones plasmadas en el archivo DockerFile (instrucciones de configuración de la imagen e instalación de Python y node.js con sus respectivos administradores de paquetes), requitements.txt (dependencias de Python) y package-lock.json (dependencias de node.js), así mismo se creó el archivo docker-compose.yml para concretar las instrucciones de creación de la imagen y los puertos de comunicación.

Dentro del dashboard encontramos el apartado “Environment” en el cual podemos definir variables de entorno necesarias para que el servidor establezca comunicación con la base de datos, para configurar el puerto de salida (coherente con el descrito en docker-compose.yml) y con el fin de mantener seguridad de los datos al ser recibidos.

Otros apartados con los que se cuenta es el Shell (terminal remota) y métricas (con las que se monitorean diversos aspectos del funcionamiento del servidor) que han sido útiles al rectificar la integridad de la imagen y su correcta ejecución, éstos se ven plasmados en la figura 5.3.1.2.

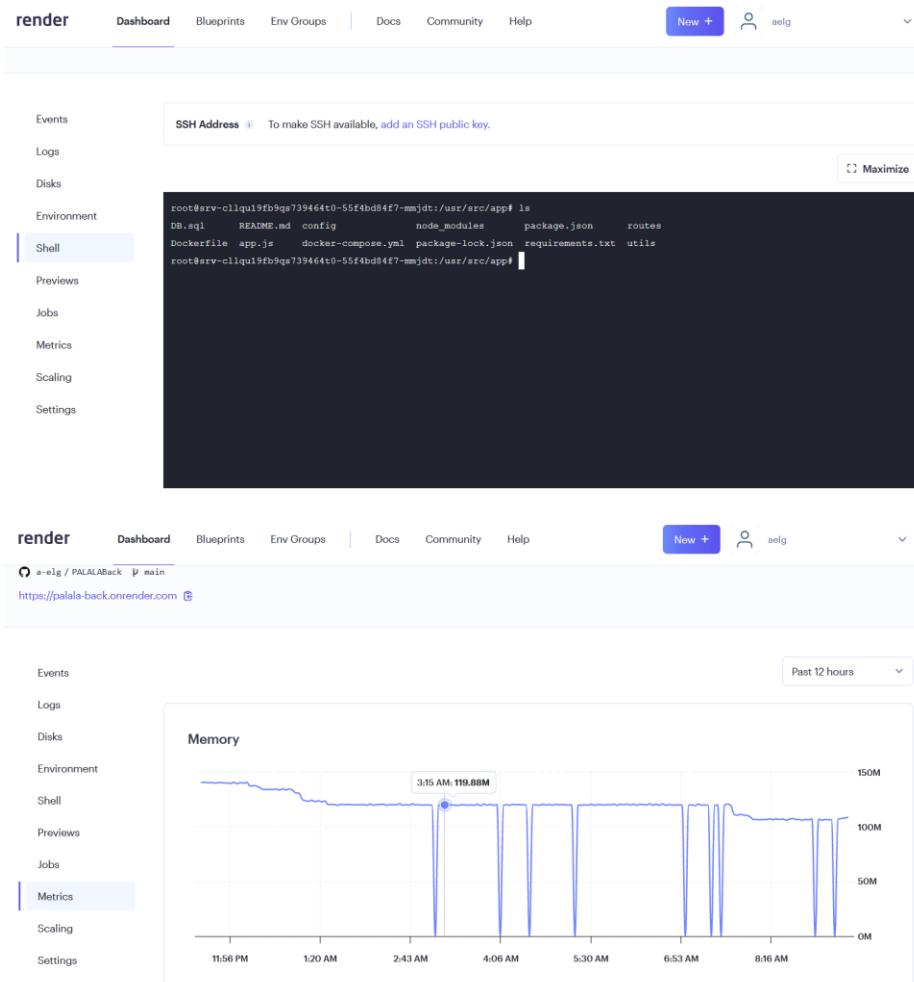


Figura 5.3.1.2 Shell remota y métricas del servidor

5.3.2 Base de datos

La implementación de la base de datos se reduce a un archivo guardado en el repositorio del back-end como referencia, sin embargo, en la figura 5.3.2.1 se muestra una previsualización de partes fundamentales del código:

```
-- Tabla alumno
CREATE TABLE alumno (
    id_alumno SERIAL PRIMARY KEY,
    nombre VARCHAR(50) NOT NULL,
    apellido_paterno VARCHAR(50) NOT NULL,
    apellido_materno VARCHAR(50) NOT NULL,
    email VARCHAR(100) NOT NULL,
    contraseña VARCHAR(100) NOT NULL,
    fecha_registro DATE NOT NULL,
    valido BOOLEAN NOT NULL,
    grado_curso VARCHAR(10) NOT NULL,
    escuela VARCHAR(100) NOT NULL
);

-- Tabla profesor
CREATE TABLE profesor (
    id_profesor SERIAL PRIMARY KEY,
    nombre VARCHAR(50) NOT NULL,
    apellido_paterno VARCHAR(50) NOT NULL,
    apellido_materno VARCHAR(50) NOT NULL,
    email VARCHAR(100) NOT NULL,
    contraseña VARCHAR(100) NOT NULL,
    fecha_registro DATE NOT NULL,
    valido BOOLEAN NOT NULL,
    grado_imparte VARCHAR(50) NOT NULL,
    escuela VARCHAR(100) NOT NULL
);

-- Tabla grupo
CREATE TABLE grupo (
    id_grupo SERIAL PRIMARY KEY,
    id_profesor_fk INT,
    nombre_grupo VARCHAR(30) NOT NULL,
    codigo_grupo VARCHAR(10) NOT NULL,
    fecha_grupo DATE NOT NULL,
    color_grupo VARCHAR(7) NOT NULL,
    CONSTRAINT fk_grupo_profesor FOREIGN KEY (id_profesor_fk) REFERENCES profesor (id_profesor) on update cascade on delete cascade
);

-- Tabla archivo
CREATE TABLE archivo (
    id_archivo SERIAL PRIMARY KEY,
    id_alumno_fk INT,
    nombre_archivo VARCHAR(100) NOT NULL,
    ruta_archivo TEXT,
    fecha_creacion DATE NOT NULL,
    puntuacion INT NOT NULL,
    CONSTRAINT fk_archivo_alumno FOREIGN KEY (id_alumno_fk) REFERENCES alumno (id_alumno) on update cascade on delete cascade
);
```

Figura 5.3.2.1 Código de las tablas alumno, profesor, grupo y archivo del archivo DB.sql

El desplegado de la base de datos se llevó a cabo en [elephantsql.com](https://www.elephantsql.com) con su programa gratuito, en la figura 5.3.2.2 se muestra el dashboard de Palala en dicho sitio web.

The screenshot shows the Palala dashboard interface. On the left, there's a sidebar with various tabs: DETAILS, ALARMS, BROWSER, STATS, SLOW QUERIES, BACKUP, LOG, METRICS, ADMIN, INTEGRATIONS, FIREWALL, and MAINTENANCE. The 'DETAILS' tab is selected. In the main area, there's a 'Details' section containing information about the database instance: Server (bubble.db.elephantsql.com (bubble-01)), Region (amazon-web-services:us-west-1), Created at (2023-09-27 23:08 UTC+0000), User & Default database (tlfqqzzy), Password (hidden), URL (postgres://tlfqqzzy:***@bubble.db.elephantsql.com/tlfqqzzy), Current database size (676 KB), and Max database size (20 MB). To the right of this section is a 'Active Plan' section featuring a cartoon turtle icon labeled 'Tiny Turtle' and a 'Upgrade plan' button. Below the 'Details' section is an 'API access' section with a note to control the instance via the HTTP API, an 'API Key' field (with a copy icon), and a 'Rotate key' button.

Figura 5.3.2.2 Dashboard de Palala en [elephantsql.com](https://www.elephantsql.com)

Dado que se trabaja con la versión gratuita, no se nos proporciona muchas opciones, más que los detalles de conexión, un pequeño entorno de consultas remotas (Browser), estadísticas, registro de consultas (Slow Queries), administración de respaldos y administración de mantenimiento.

5.4 Despliegue del Prototipo de Aplicación Web

Para el despliegue de la Aplicación Web nos apoyamos de la plataforma Cloudflare Pages la cual permite que los desarrolladores puedan desplegar sus aplicaciones web de manera rápida, así como poder actualizarla y escalarla de manera sencilla, además permite hacer despliegues de proyectos que se encuentran dentro de un repositorio de GitHub.

Seguidamente la Figura 5.4.1, se muestra la interfaz de inicio de Cloudflare, para cargar o desplegar la Aplicación Web, implementada.

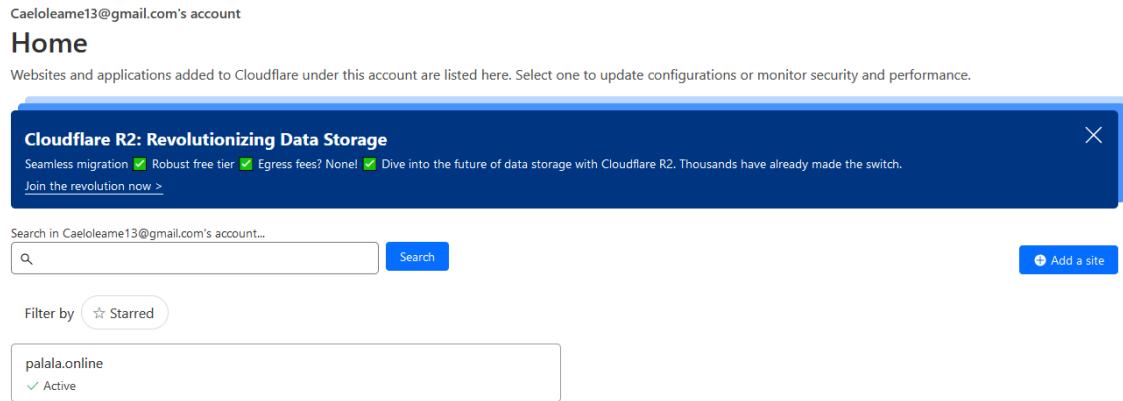


Figura 5.4.1 Pantalla de Inicio de Cloudflare.

A continuación, en la Figura 5.4.2, se visualiza, la interfaz Overview, para la compilación y despliegue de sitios sin servidor ó para aplicaciones con “Workers & Pages”

The screenshot shows the Cloudflare Overview interface. On the left, there is a sidebar with "Workers & Pages" and "Overview" sections. The main area displays "Account details" (Free, 12:00AM Wed (UTC) - 11:23AM Wed (UTC)), "Requests today" (0 / 100,000), and "Account ID" (06b387d51a32f188639b798e76bc32a1). It also includes sections for "Manage API tokens", "Subdomain" (caeloleame13.workers.dev), "Compute setting" (Global), "Analytics Engine (beta)" (Set up), "Account members" (Manage), and "Account notifications & alerts" (Manage). On the right, there is a "Resources" section with a "Join Cloudflare's developer Discord" link. The central part of the screen shows a list of applications, with "palala" selected. The "palala" entry includes a "Visit site" button, a "Caeloli/PALALA" icon, and a "palala.pages.dev, palala.online" URL. It also shows deployment status: "Production", "main", "d571389", and a timestamp of "29 minutes ago" with a "View details" link.

Figura 5.4.2 Pantalla de Overview en Cloudflare.

Posteriormente la Figura 5.4.3, se presenta, la interfaz de Configuración de Dominio Personalizado que se desea mostrar en forma de búsqueda de la aplicación web en algún navegador web, que para este caso es <https://palala.online/>

The screenshot shows the Cloudflare dashboard for the domain 'palala'. At the top, there's a navigation bar with tabs: Deployments, Functions metrics, Custom domains (which is underlined, indicating it's the active tab), and Settings. On the right side of the header, there's a user icon labeled 'Caeloli/PALALA'. Below the header, the main content area has a title 'Custom domains' and a sub-instruction 'Set up custom domains to point to your site.' followed by a 'Custom domains' button. A table lists the domain 'palala.online' with status 'Active', SSL status 'SSL enabled', and a three-dot menu icon. A blue rectangular box highlights the 'Custom domains' button.

Figura 5.4.3 Pantalla de Configuración de Dominio en Cloudflare.

5.5 Pruebas

5.5.1 Pruebas Unitarias

Esta sección contiene pruebas unitarias para las funcionalidades de las diferentes rutas principales que componen la API de PALALA: "Student API", "Professor API", "Grupo API", y "Archivo API". Cada sección está organizada con descripciones de las pruebas y su correspondiente implementación.

Acto seguido, se presenta una documentación detallada de cada prueba. Al final, se detallará un resumen de estas.

Student API

Tabla 5.5.1.1. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “POST/crear-student”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
1. POST /create-student	Student API	Prueba la creación de un estudiante. Recepción: ID del usuario alumno.	Se espera un código de estado 201 y una respuesta que incluya el mensaje "Usuario agregado con" y el ID del alumno.	Se espera un código de estado 400 en caso de error.

Tabla 5.5.1.2. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “GET /get-student/:id_alumno”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
2. GET /get-student/:id_alumno	Student API	Obtiene la información de un estudiante por su ID. Recepción: ID del usuario alumno.	Se espera un código de estado 200 si el estudiante existe.	Se espera un código de error 404 si el resultado no se encuentra, 400 si recibe datos incompletos o 500 si hubo falla del servidor. Estos códigos de error lo realizan el servidor automáticamente.

Tabla 5.5.1.3. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “GET ALL /all-students”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
3. GET ALL /all-students	Student API	Obtiene la lista de todos los estudiantes.	Se espera un código de estado 200 desplegando la lista de estudiantes.	Se espera un código de error 404 si el resultado no se encuentra, 400 si recibe datos incompletos o 500 si hubo falla del servidor. Estos códigos de error lo realizan el servidor automáticamente.

Tabla 5.5.1.4. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “PUT /put-student/:id_alumno”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
4. PUT /put-student/:id_alumno	Student API	Actualiza la información de un estudiante	Se espera un código de estado 200 y un mensaje que indique la actualización exitosa.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

Tabla 5.5.1.5. Detalle de la Prueba Unitaria Student API “DELETE /delete-student/:id_alumno”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
5. DELETE /delete-student/:id_alumno	Student API	Elimina un estudiante por su ID. Recepción: ID del usuario alumno.	Se espera un código de estado 200 si se elimina correctamente.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

```

PASS test/controller.test.js
Student API
  ✓ POST /create-student (391 ms)
  ✓ GET /get-student/:id_alumno (78 ms)
  ✓ GET ALL /all-students (58 ms)
  ✓ PUT /put-student/:id_alumno (161 ms)
  ✓ DELETE /delete-student/:id_alumno (71 ms)

Test Suites: 1 passed, 1 total
Tests:      5 passed, 5 total
Snapshots:  0 total
Time:       3.264 s, estimated 4 s
Ran all test suites.

```

Figura 5.5.1.1 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Student API”

Professor API

Tabla 5.5.1.6. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “POST/créate- professor”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
1. POST /create- professor	Professor API	Prueba la creación de un profesor. Recepción: Información del usuario detallada en el registro.	Se espera un código de estado 201 y una respuesta que incluya el mensaje "Usuario agregado con" y el ID del profesor.	Se espera un código de estado 400 en caso de error.

Tabla 5.5.1.7. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “GET /get- professor/:id_profesor”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
2. GET /get- professor/: id_profesor	Professor API	Obtiene la información de un profesor por su ID. Recepción: Información del usuario detallada en el registro.	Se espera un código de estado 200 si el profesor existe.	Se espera un código de error 404 si el resultado no se encuentra, 400 si recibe datos incompletos o 500 si hubo falla del servidor. Estos códigos de error lo realizan el servidor automáticamente.

Tabla 5.5.1.8. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “GET ALL /get-professors”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
3. GET ALL /get-professors	Professor API	Obtiene la lista de todos los profesores.	Se espera un código de estado 200.	Se espera un código de error 404 si el resultado no se encuentra, 400 si recibe datos incompletos o 500 si hubo falla del servidor. Estos códigos de error lo realizan el servidor automáticamente.

Tabla 5.5.1.9. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “PUT /put-professor/:id_profesor”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
4. PUT /put-professor/:id_profesor	Professor API	Actualiza la información de un profesor.	Se espera un código de estado 200 y un mensaje que indique la actualización exitosa.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

Tabla 5.5.1.10. Detalle de la Prueba Unitaria Professor API “DELETE /delete-professor/:id_profesor”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
5. DELETE /delete-professor/:id_profesor	Professor API	Elimina un profesor por su ID. Recepción: ID del usuario profesor.	Se espera un código de estado 200 si se elimina correctamente.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

```

PASS test/controller.test.js
Professor API
  ✓ POST /create-professor (357 ms)
  ✓ GET /get-professor/:id_profesor (99 ms)
  ✓ GET ALL /get-profs (73 ms)
  ✓ PUT /put-professor/:id_profesor (257 ms)
  ✓ DELETE /delete-professor/:id_profesor (145 ms)

Test Suites: 1 passed, 1 total
Tests:      5 passed, 5 total
Snapshots:  0 total
Time:        4.535 s

```

Figura 5.5.1.2 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Professor API”

Grupo API

Tabla 5.5.1.11. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “POST//creacion-clase”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
1. POST /creacion-clase	Grupo API	Prueba la creación de un grupo (clase). Recepción: Información del grupo detallado en el registro.	Se espera un código de estado 201 y la creación exitosa del grupo.	Se espera un código de estado 400 en caso de error.

Tabla 5.5.1.12. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “GET ALL /muestra-clases-prof”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
2. GET ALL /muestra-clases-prof	Grupo API	Obtiene la lista de clases para un profesor.	Se espera un código de estado 200.	Se espera un código de estado 400 o diferente al 200 en caso de error.

Tabla 5.5.1.13. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “PUT /actualizar-nombre-grupo”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
3. PUT /actualizar-nombre-grupo	Grupo API	Actualiza el nombre de un grupo. Recepción: Información del grupo detallado en el registro.	Se espera un código de estado 200 y un mensaje que indique la actualización exitosa.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

Tabla 5.5.1.14. Detalle de la Prueba Unitaria Grupo API “DELETE /eliminar-grupo”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
4. DELETE /eliminar-grupo	Grupo API	Actualiza el nombre de un grupo. Recepción: Información del grupo detallado en el registro.	Se espera un código de estado 200 y un mensaje que indique la actualización exitosa.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

```
PASS test/controller.test.js (5.264 s)
Grupo API
  ✓ POST /creacion-clase (383 ms)
  ✓ GET ALL /muestra-clases-prof (388 ms)
  ✓ PUT /actualizar-nombre-grupo (184 ms)
  ✓ DELETE /eliminar-grupo (203 ms)

Test Suites: 1 passed, 1 total
Tests:       4 passed, 4 total
Snapshots:   0 total
Time:        5.504 s, estimated 10 s
Ran all test suites.
```

Figura 5.5.1.3 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Grupo API”

Archivo API

Tabla 5.5.1.15. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “POST /guardar-archivo”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
1. POST /guardar-archivo	Archivo API	Prueba la creación y guardado de un archivo. Recepción: Información del archivo detallado en el registro.	Se espera un código de estado 201 y la creación exitosa del archivo.	Se espera un código de estado 400 en caso de error.

Tabla 5.5.1.16. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “GET ALL /muestra-archivos”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
2. GET ALL /muestra-archivos	Archivo API	Obtiene la lista de archivos para un profesor.	Se espera un código de estado 200.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

Tabla 5.5.1.17. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “PUT /actualizar-archivo”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
3. PUT /actualizar-archivo	Archivo API	Actualiza la información de un archivo. Recepción: Información del grupo detallado en el registro.	Se espera un código de estado 200 y un mensaje que indique la actualización exitosa.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

Tabla 5.5.1.18. Detalle de la Prueba Unitaria Archivo API “DELETE /eliminar-archivo”

ID	Nombre	Descripción	Casos de Prueba:	
			Éxito	Fallo
4. DELETE /eliminar-archivo	Archivo API	Elimina un archivo por su ID. Recepción: Se obtiene el ID del archivo	Se espera un código de estado 200 si se elimina correctamente.	Se espera un código de estado diferente de 200 en caso de error.

```
PASS test/controller.test.js (5.291 s)
Archivo API
  ✓ POST /guardar-archivo (399 ms)
  ✓ GET ALL /muestra-archivos (340 ms)
  ✓ PUT /actualizar-archivo (218 ms)
  ✓ DELETE /eliminar-archivo (240 ms)

Test Suites: 1 passed, 1 total
Tests:       4 passed, 4 total
Snapshots:   0 total
Time:        5.524 s, estimated 6 s
Ran all test suites.
```

Figura 5.5.1.4 Resultados de las Pruebas Unitarias de “Archivo API”

Despliegue de tests de manera local

Enseguida, se visualiza en la Figura 5.5.1.5, el despliegue de las pruebas ejecutadas en la API de PALALA, donde el servidor se encuentra alojado localmente. El conjunto de estas pruebas dio como resultado un tiempo de 8.188 segundos.

```
PASS  test/controller.test.js (8.188 s)
  Student API
    ✓ POST /create-student (477 ms)
    ✓ GET /get-student/:id_alumno (147 ms)
    ✓ GET ALL /all-students (82 ms)
    ✓ PUT /put-student/:id_alumno (386 ms)
    ✓ DELETE /delete-student/:id_alumno (336 ms)
  Professor API
    ✓ POST /create-professor (230 ms)
    ✓ GET /get-professor/:id_profesor (93 ms)
    ✓ GET ALL /get-profs (195 ms)
    ✓ PUT /put-professor/:id_profesor (270 ms)
    ✓ DELETE /delete-professor/:id_profesor (178 ms)
  Grupo API
    ✓ POST /creacion-clase (224 ms)
    ✓ GET ALL /muestra-clases-prof (260 ms)
    ✓ PUT /actualizar-nombre-grupo (179 ms)
    ✓ DELETE /eliminar-grupo (172 ms)
  Archivo API
    ✓ POST /guardar-archivo (179 ms)
    ✓ GET ALL /muestra-archivos (299 ms)
    ✓ PUT /actualizar-archivo (316 ms)
    ✓ DELETE /eliminar-archivo (172 ms)

  Test Suites: 1 passed, 1 total
  Tests:       18 passed, 18 total
  Snapshots:  0 total
  Time:        8.498 s, estimated 12 s
  Ran all test suites.
```

Figura 5.5.1.5 Resultados en Despliegue de las Pruebas Unitarias de manera local

Proceso de pruebas del cliente al servidor, en conjunto de la base de datos en la nube

Acto continuo, en la Figura 5.5.1.6, se muestra los resultados de las pruebas realizadas del cliente al servidor, con el respectivo despliegue de la base de datos al servicio de nube, como fue con Render. El tiempo estimado de subida fue de 12.321 segundos, aproximadamente.

```
PASS test/controller.test.js (12.156 s)
  Student API
    ✓ POST /create-student (717 ms)
    ✓ GET /get-student/:id_alumno (310 ms)
    ✓ GET ALL /all-students (295 ms)
    ✓ PUT /put-student/:id_alumno (653 ms)
    ✓ DELETE /delete-student/:id_alumno (627 ms)
  Professor API
    ✓ POST /create-professor (466 ms)
    ✓ GET /get-professor/:id_profesor (313 ms)
    ✓ GET ALL /get-profs (291 ms)
    ✓ PUT /put-professor/:id_profesor (688 ms)
    ✓ DELETE /delete-professor/:id_profesor (612 ms)
  Grupo API
    ✓ POST /creacion-clase (671 ms)
    ✓ GET ALL /muestra-clases-prof (943 ms)
    ✓ PUT /actualizar-nombre-grupo (578 ms)
    ✓ DELETE /eliminar-grupo (586 ms)
  Archivo API
    ✓ POST /guardar-archivo (448 ms)
    ✓ GET ALL /muestra-archivos (980 ms)
    ✓ PUT /actualizar-archivo (601 ms)
    ✓ DELETE /eliminar-archivo (372 ms)

  Test Suites: 1 passed, 1 total
  Tests:       18 passed, 18 total
  Snapshots:   0 total
  Time:        12.321 s
  Ran all test suites.
```

Figura 5.5.1.6 Resultados de las Pruebas Unitarias en Proceso de pruebas del cliente al servidor, en conjunto de la base de datos en la nube

5.5.2 Pruebas de Rendimiento Web y latencia (Inteligencia artificial)

En la Figura 5.5.2.1, se presenta un análisis de rendimiento web de la Aplicación evaluado por la aplicación digital *catchpoint*. La cual es una plataforma de monitoreo de rendimiento digital que ofrece servicios para medir, monitorear y analizar el rendimiento de aplicaciones y servicios en línea.

En su resumen de rendimiento, nos otorgó tres apartados evaluativos: velocidad, usabilidad y resiliente.

The dashboard displays three sections:

- Is it Quick?**: Shows a yellow warning icon and the text "Not bad... This site was quick to connect and deliver initial code. It began rendering content very quickly. There were no render-blocking requests." Below are three buttons: Opportunities 1, Tips 1, Experiments 0.
- Is it Usable?**: Shows a yellow warning icon and the text "Not bad... This site had good layout stability. It had 1 accessibility issues, 1 critical." Below are three buttons: Opportunities 1, Tips 1, Experiments 1.
- Is it Resilient?**: Shows a green success icon and the text "Looks great! This site had no render-blocking 3rd party requests that could be a single point of failure. It had no security issues." Below are three buttons: Opportunities 0, Tips 0, Experiments 0.

A banner at the bottom right says "You have Free Experiments Available! Try them now!"

En el apartado de velocidad, el sitio web exhibe un desempeño satisfactorio en términos de velocidad y tiempo de carga. A continuación, se detallan algunas observaciones:

- **Tiempo de Conexión y Entrega Inicial:**
 - El sitio web mostró un tiempo mínimo para conectarse y entregar el código inicial.
 - Comenzó a renderizar el contenido de manera muy rápida.
- **Renderización de Contenido:**
 - No hubo solicitudes que bloquearan la renderización, lo que contribuyó a una carga eficiente.

The report for "Is it Quick?" includes the following findings:

- WebPageTest ran 11 diagnostic checks related to this category and found 1 opportunities.**
- This test had a reasonably quick first-byte time.**: A fast time to first byte is essential for delivering assets quickly.
- Zero render-blocking JavaScript files found.**: Great job. Fewer render-blocking requests mean the browser can visibly render content sooner.
- Zero render-blocking CSS files found.**: Great job. Fewer render-blocking requests mean the browser can visibly render content sooner.
- Zero render-critical images are lazy-loaded.**: When images are lazy-loaded using loading="lazy", they will be requested after the layout is established, which is too late for images in the critical window.
- Zero images outside the critical viewport need to be lazy-loaded.**: When images are lazy-loaded using loading="lazy", they will be requested after the layout is established, which is too late for images in the critical window.

WebPageTest ran 11 diagnostic checks related to this category and found 1 opportunities.

▼ **This test had a reasonably quick first-byte time.**

A fast time to first byte is essential for delivering assets quickly.

▼ **Zero render-blocking JavaScript files found.**

Great job. Fewer render-blocking requests mean the browser can visibly render content sooner.

▼ **Zero render-blocking CSS files found.**

Great job. Fewer render-blocking requests mean the browser can visibly render content sooner.

▼ **Zero render-critical images are lazy-loaded.**

When images are lazy-loaded using loading="lazy", they will be requested after the layout is established, which is too late for images in the critical window.

▼ **Zero images outside the critical viewport need to be lazy-loaded.**

When images are lazy-loaded using loading="lazy", they will be requested after the layout is established, which is too late for images in the critical window.

▼ **Zero custom fonts load in ways that delay text visibility.**

When fonts are loaded with default display settings, like font-display="block", browsers will hide text entirely for several seconds instead of showing text with a fallback font. font-display: swap will fix this.

▼ **Zero third-party fonts found.**

FONTS ON 3RD PARTY DOMAINS MAY TAKE LONGER TO LOAD DUE TO DNS AND CONNECTION STEPS THAT ARE NOT NECESSARY WHEN FONTS ARE HOSTED ON THE SAME DOMAIN

▼ **Zero custom fonts load in ways that delay text visibility.**

When fonts are loaded with default display settings, like font-display="block", browsers will hide text entirely for several seconds instead of showing text with a fallback font. font-display: swap will fix this.

▼ **Zero third-party fonts found.**

FONTS ON 3RD PARTY DOMAINS MAY TAKE LONGER TO LOAD DUE TO DNS AND CONNECTION STEPS THAT ARE NOT NECESSARY WHEN FONTS ARE HOSTED ON THE SAME DOMAIN.

▼ **Zero unused preloads were found.**

Preloaded resources are fetched at a high priority, delaying the arrival of other resources in the page. In the case where a preloaded resource is never actually used by the page, that means potentially critical requests will be delayed, slowing down the initial loading of your site.

▼ **This site uses a CDN for delivering its files.**

A Content Delivery Network (CDN) distributes a website's files throughout the world, reducing request latency.

▼ **1 static file has inadequate cache settings.**

Cache settings can instruct browsers and intermediaries to store recent versions of a site's static files (JavaScript, CSS, Images, fonts...) for reuse, reducing page weight and latency.

- WARNING (2.0 hours): <https://palala.online/cdn-cgi/styles/challenges.css>

▼ **Zero requests were found that resulted in an HTTP redirect.**

HTTP redirects can result in additional DNS resolution, TCP connection and HTTPS negotiation times, making them very costly for performance, particularly on high latency networks.

En el apartado de si es utilizable, el sitio web ofrece una experiencia de usuario general positiva en términos de usabilidad. A continuación, se presentan algunos puntos a destacar:

- ✓ **Estabilidad del Diseño:**
 - ↳ La página web demostró una buena estabilidad de diseño.
- ✓ **Problemas de Accesibilidad:**
 - ↳ Se identificaron 1 problema de accesibilidad, el cual puede ser abordado para mejorar la experiencia para todos los usuarios. Esto representativo al poder acceder a todas las páginas del sitio web.

The screenshot shows a user interface for a website accessibility audit. At the top, it says "Is it Usable?" and "Not bad... This site had good layout stability. It had 1 accessibility issues, 1 critical." Below this, it states "WebPageTest ran 2 diagnostic checks related to this category and found 1 opportunities." There are two main sections: one for "Zero major layout shifts detected" (green) and one for "Accessibility Issues were Detected" (orange). The orange section indicates 1 critical issue found by Axe, specifically "Timed Refresh Must Not Exist". A "More Info" link is provided. Below this, there's a "Relevant Tips" section with a "Make the following changes to improve accessibility:" heading and a "CRITICAL" note about fixing timed refreshes.

En términos de resiliencia, el sitio web se presenta de manera robusta y sin problemas significativos:

- ✓ **Solicitudes de Terceros sin Bloqueo de Renderización:**
 - ↳ No se detectaron solicitudes de terceros que bloquearan la renderización, lo que fortalece la resistencia del sitio. Sin embargo, al acceder a páginas especializadas tanto del alumno como del profesor, se pueden llegar a bloquear algunas solicitudes debido a situaciones de autenticación JWT.
- ✓ **Problemas de Seguridad:**
 - ↳ No se identificaron problemas de seguridad, lo que contribuye a la integridad del sitio.

Is it Resilient?

 **Looks great!** This site had no render-blocking 3rd party requests that could be a single point of failure. It had no security issues.

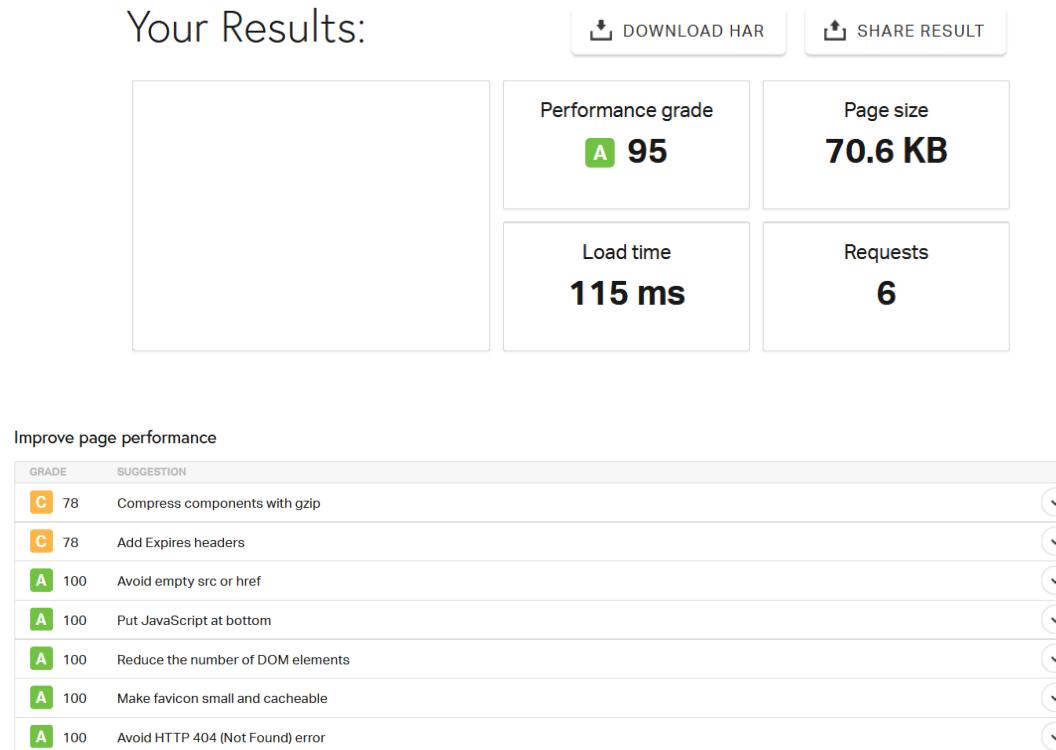
WebPageTest ran 3 diagnostic checks related to this category and found 0 opportunities.

- ▼  **Zero render-blocking third-party requests found.**
By default, references to external JavaScript and CSS files will block the page from rendering. Third-party blocking requests are particularly risky, as your page's access relies on their response time and availability.
- ▼  **Zero security vulnerabilities were detected by Snyk**
Snyk has found 0 security vulnerabilities with included packages.
- ▼  **Zero resources were found that were loaded over an insecure connection.**
Loading requests over HTTPS necessary for ensuring data integrity, protecting users personal information, providing core critical security, and providing access to many new browser features.

Figura 5.5.2.1. Resultados de Prueba de Rendimiento Web, según gtmetrix.

De igual manera, se realizó una prueba en la aplicación de Pingdom, que permite analizar el rendimiento de un sitio web estático donde se obtuvo una calificación de 95 sobre 100.

En la Figura 5.2.2.2, indica el rendimiento de la página y evaluación de prácticas de la implementación que se llevó a cabo, en la Aplicación Web. Asimismo, se demuestra que el contenido general está desarrollado mayormente en el lenguaje js.



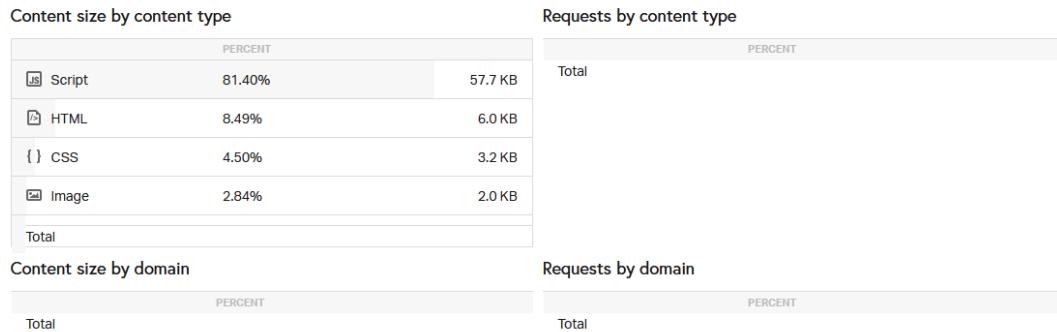
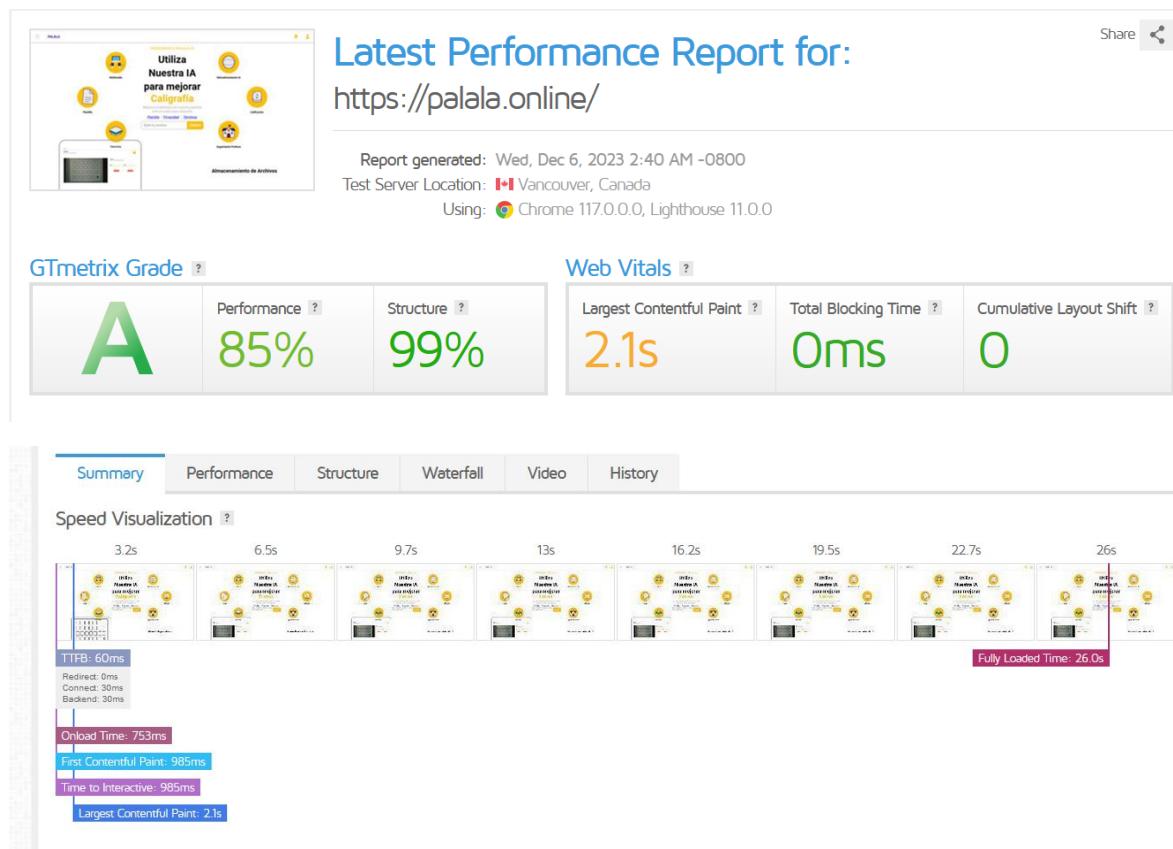


Figura 5.5.2.2. Resultados Prueba de velocidad de la Aplicación Web por Pingdom

En la Figura 5.2.2.3, se visualiza la latencia en recibir las imágenes y todo lo necesario para la carga de la página principal, lo estipulado por GTmetrix. La carga total del sitio web, incluyendo todas las páginas, fue de 26 segundos. Se agregan otros valores correspondientes a métricas de rendimiento.



Performance Metrics

The following metrics are generated using Lighthouse Performance data.

Metric details OFF

First Contentful Paint ?	OK, but consider improvement 984ms	Time to Interactive ?	Good - Nothing to do here 984ms
Speed Index ?	Longer than recommended 2.1s	Total Blocking Time ?	Good - Nothing to do here 0ms
Largest Contentful Paint ?	Longer than recommended 2.1s	Cumulative Layout Shift ?	Good - Nothing to do here 0

Browser Timings

These timings are milestones reported by the browser.

Redirect Duration ?	0ms	Connection Duration ?	30ms	Backend Duration ?	30ms
Time to First Byte (TTFB) ?	60ms	DOM Interactive Time ?	175ms	DOM Content Loaded Time ?	752ms
Onload Time ?	753ms	First Paint ?	985ms	Fully Loaded Time ?	26.0s

Figura 5.5.2.3. Resultados Prueba de velocidad de la Aplicación Web por GTmetrix

Para llevar a cabo las pruebas de latencia de la inteligencia artificial, se midió cuánto tarda el proceso completo de evaluación (envío, procesado y recepción de resultado). Dado que las herramientas de trabajo anteriormente utilizadas tiene dificultades para seguir estas secuencias de pasos, se midieron los tiempos de manera manual con ayuda del inspector de red en el navegador, teniendo como resultados los expuestos en la figura 5.5.2.4.

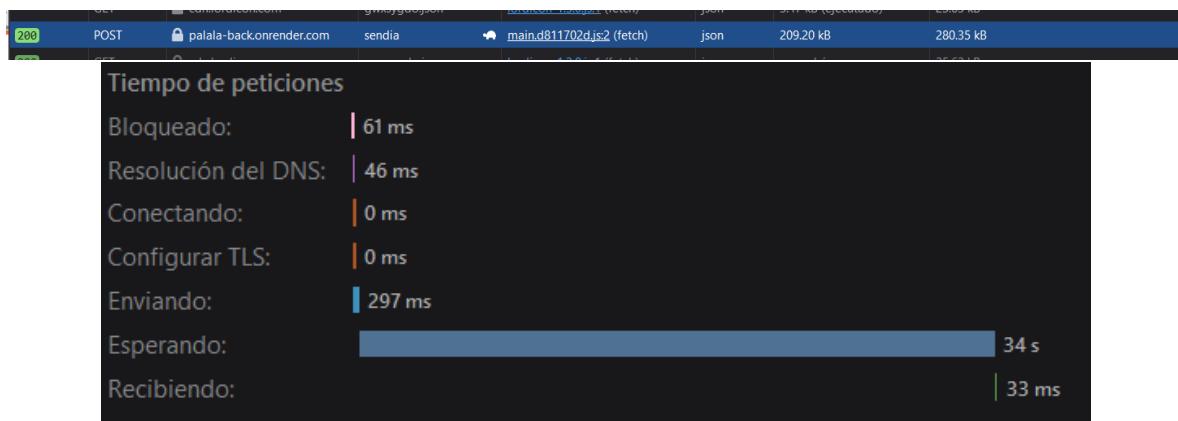


Figura 5.5.2.4 Tiempo de respuesta del servidor para procesar una plantilla

El tiempo aproximado en total está entre 30 a 40 segundos, lo cual es un tiempo razonable considerando los limitados recursos que ofrece Render en su plan gratuito.

5.5.3 Pruebas de Estrés

Las pruebas de estrés se realizaron probando la resistencia del back-end, para ello se realizaron un elevado número de solicitudes en la tarea que más requiere recursos que tiene el servidor, el análisis de las imágenes subidas por los usuarios. En la figura 5.5.3.1 se muestran las métricas brindadas por render cuando se probó la capacidad del servidor de soportar el estrés.

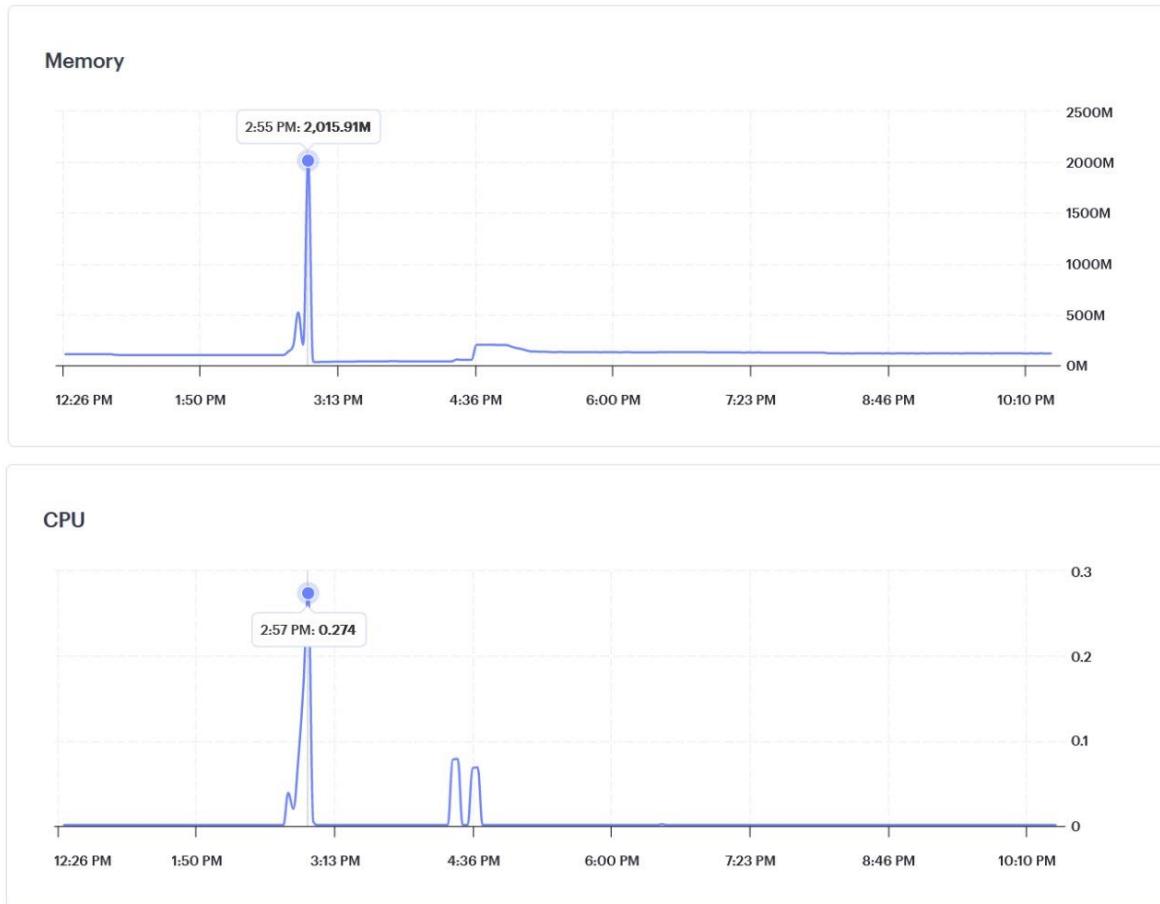


Figura 5.5.3.1 Pruebas de estrés en el servidor de Render

Es preciso recalcar que, gracias a los servicios de Render, una vez el programa del servidor se detiene por algún error, Render lo reinicia y se continúa su servicio.

Para estas pruebas se muestra cómo el pico de memoria obtenida está en 2GB, memoria máxima brindada por Render para el plan de hospedaje seleccionado, al mismo tiempo, el uso de la CPU no llegó a su máximo (1 CPU).

Si bien, las pruebas demuestran que el servidor debería contar con una memoria mucho más grande, es preciso mencionar que la ampliación de ésta no es problema y basta con aumentar el plan contratado por Render. La naturaleza de este tipo de procesamiento es bien conocida por requerir arquitecturas robustas para evitar un colapso en la provisión de servicios.

Aumentar la memoria queda como una acción que puede ser tomada como actividades para el futuro en caso de querer aumentar la escalabilidad del proyecto.

5.5.4 Pruebas de Caja Negra

En caso de las pruebas de caja negra existieron circunstancias que han causado un desvío de lo que originalmente se tenía planeado, probar la aplicación con una escuela de la Alcaldía Gustavo A. Madero. Las razones por las que se optó por tomar una alternativa son la denegación imprevista de permisos para realizar la prueba y por el corto tiempo previo a dicho aviso.

De esta manera, se actuó conforme al plan de contingencia descrito en el riesgo No.12, el cual consiste, en buscar a algunos niños, con edades similares (6-8 años) que cursen el primer grado de primaria, para realizar las pruebas, específicamente en el llenado de las plantillas con trazos de la letra de tipo molde (Mayúsculas y minúsculas). Y posteriormente, se consultó sólo a 1 docente con experiencia en la enseñanza en alumnos de primer grado de primaria, solicitando que comparta y externe sus opiniones acerca del uso de cada módulo que integra el Prototipo de Aplicación Web.

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

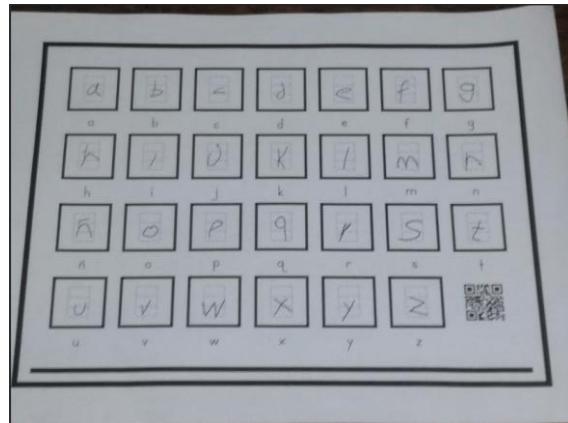


Figura 5.5.4.1 Trazado de Plantillas del Niño “A”

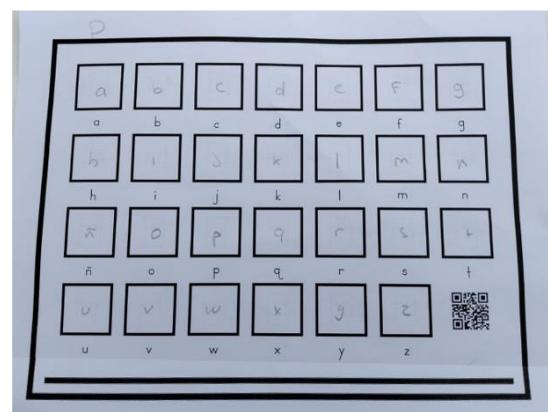


Figura 5.5.4.2 Trazado de Plantillas del Niño “B”

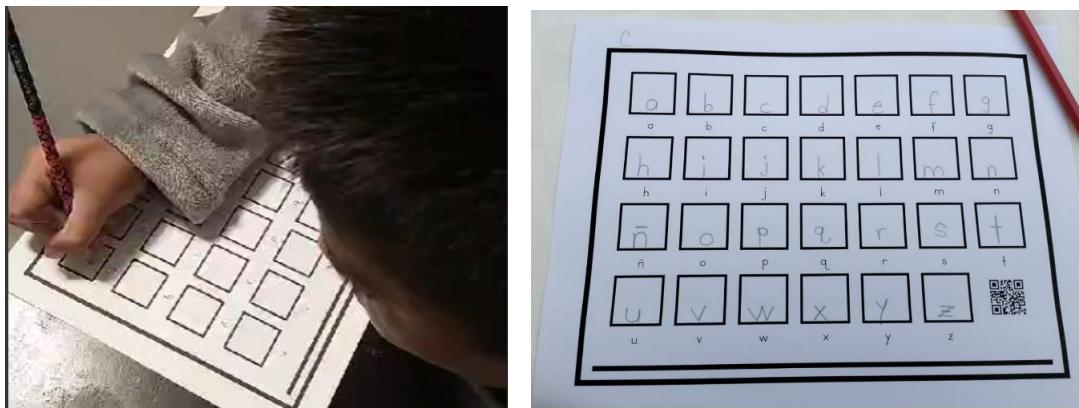


Figura 5.5.4.3 Trazado de Plantillas del Niño “C”

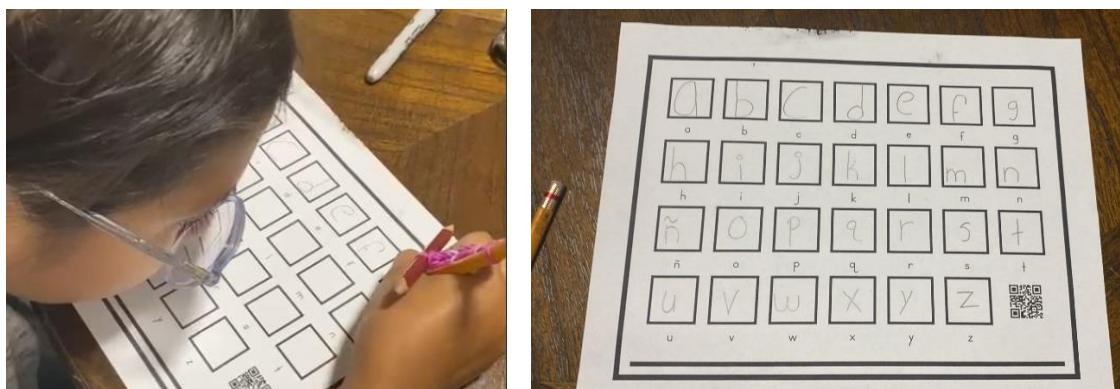


Figura 5.5.4.4 Trazado de Plantillas del Niño “D”

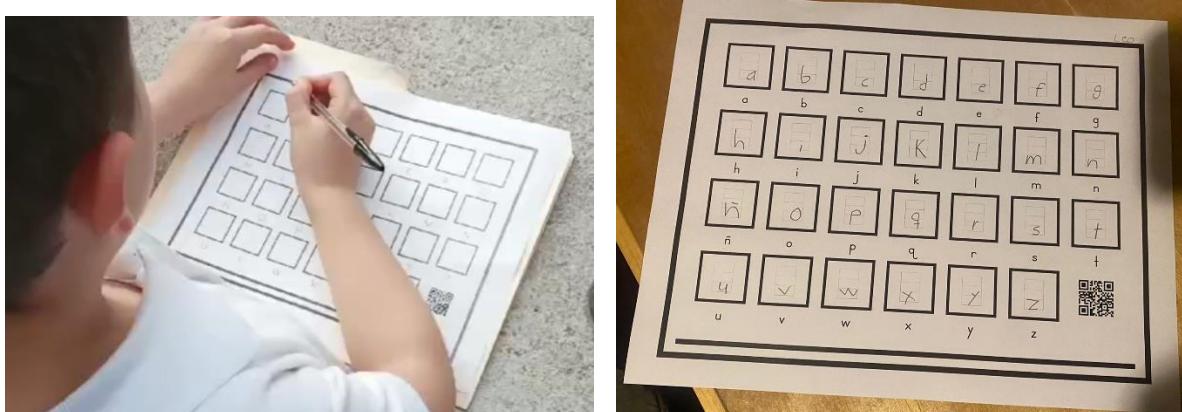


Figura 5.5.4.5 Resultados de una prueba de caja negra (Niño E)

Algunos resultados se presentan en la figura 5.5.4.6

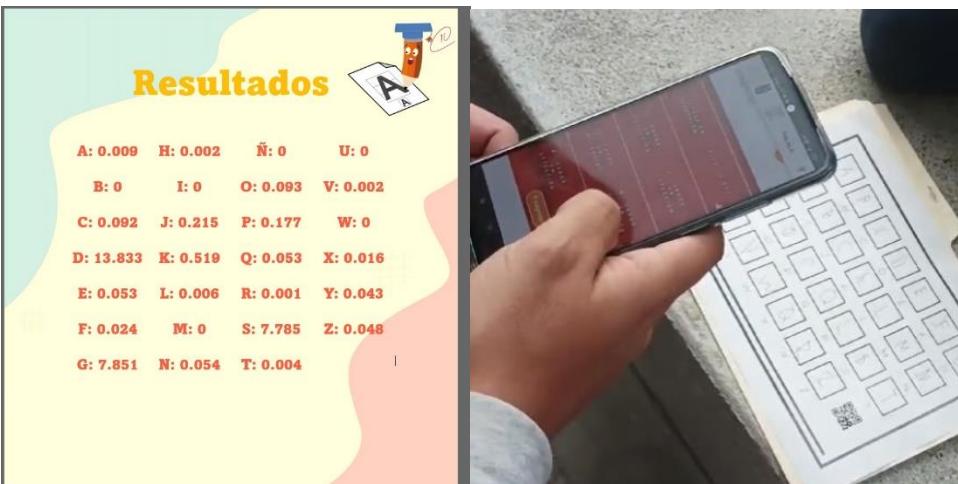


Figura 5.5.4.6 Resultados de una prueba de caja negra (Niño E)

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. Proporcionando 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.

El capítulo de análisis ha sido fundamental en el desarrollo de este trabajo, involucrando la participación de profesionales del ámbito pedagógico y empleados del sector educativo primario para recopilar información relevante. Las historias de usuario, las reglas del negocio y los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación se han diseñado en base a las consultas realizadas y a las necesidades identificadas. Además, se realizaron diversos diagramas para comprender el flujo de interacción entre los usuarios y el prototipo.

La factibilidad del proyecto se evaluó en tres aspectos: técnico, operativo y económico. Se investigaron y definieron las herramientas como las técnicas que se utilizarán durante el desarrollo e implementación del prototipo, se calcularon los costos de desarrollo y se analizaron los riesgos y las problemáticas asociadas, proponiendo planes de contingencia adecuados.

Durante la etapa del diseño documental, se realizó la selección de la inteligencia artificial, específicamente el uso de una red neuronal convolucional para el procesamiento y análisis de la caligrafía de los alumnos, identificando las operaciones necesarias para su implementación, se ha definido la arquitectura correspondiente y se han considerado aspectos como la función de coste y de activación.

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, el cual consiste en una serie de videos relacionados al trazado de las letras Mayúsculas y minúsculas, en caso de que lo deseé. 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 aplicación web fue desarrollada de tal forma que esta pueda ser accedida desde cualquier dispositivo que cuente con acceso a internet y un navegador web, así mismo se realizó un diseño llamativo y sencillo con instrucciones generales y amigable para el usuario, con la intención de que cuando se ingrese, se le invite en utilizar la Inteligencia Artificial, para mejorar trazado de las letras y afinar su caligrafía con el pasar del tiempo.

No obstante, como cualquier implementación, se tuvieron ciertos complejos tales como: la implementación de un servidor tipo REST presentó desafíos relacionados con la definición de rutas, manejo de peticiones y respuestas, y la gestión eficiente de recursos. La complejidad radica en garantizar un diseño robusto que cumpla con los principios RESTful y que sea escalable para satisfacer futuras necesidades.

La selección y configuración de una red neuronal convolucional para el procesamiento y análisis de la caligrafía introdujo desafíos técnicos. Ajustar parámetros como la función de coste y de activación, así como la correcta manipulación de datos de entrada y normalización de los resultados requirió una comprensión profunda de los principios de la inteligencia artificial.

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. Además, las condiciones iniciales establecidas para la realización de las pruebas fueron modificadas debido a problemas ajenos al equipo de trabajo.

La creación de un sitio web animado en el Front-End implicó lidiar con la complejidad de las transiciones, interactividad y rendimiento. Lograr una experiencia de usuario fluida y atractiva mientras se mantiene un rendimiento óptimo es un equilibrio delicado.

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. Experimentamos una gama de emociones nuevas y, en ocasiones, contradictorias. Hubo momentos de frustración al no comprender algunos temas de manera rápida. Sin embargo, es destacable que también vivimos experiencias satisfactorias, especialmente al observar la evolución y los cambios realizados de manera más visual al guardar creaciones o efectuar modificaciones. A pesar de las complejidades surgidas durante el desarrollo del prototipo, como la selección de parámetros de la red neuronal y el preprocesamiento de las imágenes, se han superado con éxito mediante una investigación exhaustiva y el apoyo adecuado.

El estudiar la Ingeniería en Sistemas Computacionales es tan diversa en conocimiento, abre muchos caminos a distintas áreas de los que se puede llegar a un objetivo, el aprendizaje y estudio, nunca termina.

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.

Trabajo a Futuro

En este momento se tiene un Prototipo de Aplicación Web que funciona de acuerdo con lo esperado, se entregaron los productos que se tenían pactados. Aunque, a lo largo de la implementación, se han identificado diversos aspectos de mejora, así como funcionalidades adicionales que contribuirán a complementar esta herramienta de apoyo en la caligrafía en los alumnos de primer grado de primaria en conjunto con los profesores a cargo opten por utilizarlo.

A continuación, se presenta un listado que detalla las mejoras sobre lo ya implementado, así como las nuevas características:

Escalabilidad:

El Prototipo de Aplicación Web fue una implementación dirigida a un sólo nivel y grado educativo (primer de primaria). Aunque de manera general, la Aplicación Web, puede ser utilizada para cualquier persona entre 6 años a 60 años aproximadamente, qué deseen afinar su caligrafía. Incluso, se han elaborado aplicaciones móviles, con el objetivo similar que este Trabajo Terminal, salvo que dichas aplicaciones móviles no están al alcance de todo público, donde la manera de practicar la escritura es forzosamente mediante un dispositivo móvil (smartphone o tableta). Sin embargo, estos sistemas sólo están disponibles para una plataforma, la cual es App Store, una tienda de aplicaciones móviles de la empresa Apple. Además de tener un costo para su descarga y uso. En tanto, se considera viable y posible escalar.

Módulo para padres de familia

Los padres podrían consultar observaciones generales sobre sus hijos, avisos importantes, notificaciones, consultar sus evaluaciones cuantitativas y cualitativas (Retroalimentación), de parte del profesor titular o a cargo y junto con esto, ver la predicción generada por la Inteligencia Artificial, con el objetivo de afinar la caligrafía de sus hijos. Con esta mejora en la herramienta principal, los padres estarán siempre al tanto de sus hijos.

Mejoramiento e implementación del modelo para reconocimiento de números y palabras

Mejorar la implementación de la generación del modelo para que no sólo identifique las letras de tipo molde tanto Mayúsculas y minúsculas, sino que detenté los números en base decimal e inclusive la formación de palabras, con ello sería una herramienta de apoyo más completa para los alumnos del primer grado de primaria para entender mejor los temas en las Asignaturas de “Español” y “Matemáticas”.

Referencias

- [1] Instituto Nacional de Estadística 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/EN_DUTIH_2019.pdf. [Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- [2] 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. [Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- [3] 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_Revision_de_estudios_empiricos. [Último acceso: 20 Septiembre 2022].
- [4] D. C. K. G. D. Pasos, «Marco lógico: Guía Específica para hacerlo Paso a Paso,» Ingenio Empresa, 2021. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/metodología-marco-lógico/>. [Último acceso: 16 Febrero 2023].
- [5] Instituto Federal de Telecomunicaciones, «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-tecnologias-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,» Instituto Nacional de Estadística y Geografía, - - -. [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,» Instituto Nacional de Estadística y Geografía, - - -. [En línea]. Available: <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=8c29ddc6-eeca-4dcc-8def-6c3254029f19>. [Último acceso: 16 Septiembre 2022].
- [8] R. Winata, «App Store, » Roy Winata, 9 Marzo 2009. [En línea]. Available: https://apps.apple.com/us/app/iwritewords/id307025309?ign-itscg=30200&ign-itsct=apps_box_link. [Último acceso: 31 Agosto 2022].

- [9] LetterSchool, «LETTERSHOOL, » LetterSchool, 10 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.letterschool.com/>. [Último acceso: 2 Septiembre 2022].
- [10] Google Play Store, «LazyDog calligraphy practice, » I.H, 14 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=info.bppacomics.lazydog&hl=en&gl=US>. [Último acceso: 2 Septiembre 2022].
- [11] R. Toscano Medina, «Reconocimiento de caracteres manuscritos on-line (en línea) usando la función spline.,» - - 2008. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/1599>. [Último acceso: 31 Agosto 2022].
- [12] K. Toscano Medina, «RECONOCIMIENTO DINAMICO Y ESTATICO DE TRAZOS», DOCTOR EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA, INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL "ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECÁNICA Y ELÉCTRICA" (UNIDAD CULHUACAN),» - - 2005. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2693/686>. [Último acceso: 31 Agosto 2022].
- [13] 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].
- [14] E. S. Oche, «Research Gate,» Enero 2014. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/284265735_The_Influence_of_Poor_Hand_writing_on_Students%27_Score_Reliability_in_Mathematics. [Último acceso: 20 Septiembre 2022].
- [15] E. L. Portillo, Educación Primaria. 1º Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación., Argentina 28, Centro 06020 Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública (SEP), 2022.
- [16] L. P. C. y. R. K. Bass, Software Architecture in Practice, 2a. ed., Addison-Wesley, 2003.
- [17] S. Russell y P. Norving, Artificial intelligence A modern approach, New Jersey: Pearson, 2010.
- [18] European Commission, «A definition of Artificial Intelligence: main capabilities and scientific disciplines,» 8 Abril 2019. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=56341. [Último acceso: 2023 2 15].
- [19] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest y C. Stein, Introduction to algorithms, Cambridge: The MIT Press, 2022.

- [20] Amit, «Introduction to A*, » Standford theory group, 2010. [En línea]. Available: <https://theory.stanford.edu/~amitp/GameProgramming/AStarComparison.html>. [Último acceso: 6 Marzo 2023].
- [21] «Sistemas Expertos y su Importancia,» CUED, 2017. [En línea]. Available: https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/963/mod_resource/content/1/contenido/index.html. [Último acceso: 6 Marzo 2023].
- [22] Forbes, «AI,» Forbes, 2023. [En línea]. Available: <https://www.forbes.com/ai>. [Último acceso: 29 marzo 2023].
- [23] T. Eloundou, S. Manning, P. Mishkin y D. Rock, «GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact, » 27 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/2303.10130>. [Último acceso: 2023 Abril 3].
- [24] B. Edwards, « Stable Diffusion goes to court. Artists file class-action lawsuit against AI image generator companies. Suit seeks damages from Stability AI, Midjourney, and DeviantArt., » ars Technica Addendum, 16 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://arstechnica.com/information-technology/2023/01/artists-file-class-action-lawsuit-against-ai-image-generator-companies/>. [Último acceso: 14 Marzo 2023].
- [25] M. Butterick, «We've filed a lawsuit challenging GitHub Copilot, an AI product that relies on unprecedeted open-source software piracy., » githubcopilotlitigation.com, 3 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://githubcopilotlitigation.com/>. [Último acceso: 14 Marzo 2023].
- [26] Khan Academy, «Descenso de gradiente,» Khan Academy, 2021. [En línea]. Available: <https://es.khanacademy.org/math/multivariable-calculus/applications-of-multivariable-derivatives/optimizing-multivariable-functions/a/what-is-gradient-descent>. [Último acceso: 26 marzo 2023].
- [27] R. G. Bruballa, «Understanding Categorical Cross-Entropy Loss, Binary Cross-Entropy Loss, Softmax Loss, Logistic Loss, Focal Loss and all those confusing names, » Raúl Gomez Blog, 13 Mayo 2018. [En línea]. Available: https://gombru.github.io/2018/05/23/cross_entropy_loss/?adlt=strict&fgDataDigest=8232bb527d0da1d5c748a8755813e322c401df2c4462602f703724c66bbdc6e1671049935522&fgDataAction=Inspect. [Último acceso: 2023 Mayo 18].
- [28] Z. M. Chng, «Using Activation Functions in Neural Networks, » Machine Learning Mastery, 4 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://machinelearningmastery.com/using-activation-functions-in-neural-networks/>. [Último acceso: 5 Abril 2023].
- [29] ICHI.PRO, «Una introducción práctica a la búsqueda en cuadrícula, la búsqueda aleatoria y la búsqueda Bayes,» ICHI.PRO, 2020. [En línea]. Available: <https://ichi.pro/es/una-introduccion-practica-a-la-busqueda-en-cuadricula-la->

busqueda-aleatoria-y-la-busqueda-bayes-234574120326173. [Último acceso: 20 febrero 2023].

- [30] V. Sethi, «Types of Neural Networks, » Medium, 28 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://towardsdatascience.com/types-of-neural-network-and-what-each-one-does-explained-d9b4c0ed63a1>. [Último acceso: 2023 Mayo 10].
- [31] R. Karim, «Illustrated: 10 CNN Architectures. A compiled visualisation of the common convolutional neural networks, » Towards Data Science, 29 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://towardsdatascience.com/illustrated-10-cnn-architectures-95d78ace614d>. [Último acceso: 18 Mayo 2023].
- [32] J. Brownlee, «How to Choose Loss Functions When Training Deep Learning Neural Networks, » Machine Learning Mastery, 25 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://machinelearningmastery.com/how-to-choose-loss-functions-when-training-deep-learning-neural-networks/>. [Último acceso: 16 Mayo 23].
- [33] I. Sommerville, «Ingeniería de Software,» México, 9th Pearson Educación, 2011, pp. 85-86.
- [34] I. Sommerville, «Ingeniería de Software,» Mexico, 9th Pearson Educación, 2011,, pp. 87-88.
- [35] R. Pressman, de *Ingeniería del software, Un Enfoque Práctico*, 7th Mc Graw Hill,, 2010, p. 113.
- [36] R. Pressman, «Ingeniería del Software,» Mexico, 7th Mc Graw Hill,, 2010, p. 667.
- [37] w3techs, «Usage statistics of web servers, » w3techs, 2023. [En línea]. Available: https://w3techs.com/technologies/overview/web_server. [Último acceso: 25 Abril 2023].
- [38] S. G. Buz, «Estudio de salarios SG 2020,» 2021. [En línea]. Available: <https://sg.com.mx/estudios/salarios/2020..> [Último acceso: 04 Abril 2023].
- [39] R. Pressman, « Ingeniería del Software, Un Enfoque Práctico,» Mexico, 7th Mc Graw Hill, , 2010, p. 673.
- [40] R. Pressman, «Ingeniería del software, Un Enfoque Práctico,» Mexico, 7th Mc Graw Hill, 2010, p. 675.
- [41] 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].

- [42] P. Robledo Ramón y J. N. García 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_Revision_de_estudios_empiricos. [Último acceso: 20 Septiembre 2022].
- [43] Autoridad Educativa Federal de la Ciudad de México, «Directorio de Escuelas,» Gobierno de la Ciudad de México, - - -. [En línea]. Available: https://www2.aefcm.gob.mx/directorio_escuelas/index.jsp. [Último acceso: 16 Septiembre 2022].
- [44] G. A. G. Carreón, «Estructura de Datos, Unidad 6: Árboles,» 8 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.fcca.umich.mx/descargas/apuntes/Academia%20de%20Informatica.../Estructura%20de%20Datos%20%20%20%20G.a.G.C/Unidad%206.pdf>. [Último acceso: 7 Marzo 2023].
- [45] AE Technology Group, «What is Data Poisoning, and Why Does it Matter? » AE Technology Group, 20 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.aetechgroup.com/what-is-data-poisoning-and-why-does-it-matter/>. [Último acceso: 14 Marzo 2023].
- [46] Red Hat, «¿Qué es una arquitectura de aplicaciones?,» Red Hat, 2023 Marzo 15. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-native-apps/what-is-an-application-architecture>. [Último acceso: 2023 Abril 25].
- [47] 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. [Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- [48] I. N. d. E. y. Geografía, «EN MÉXICO HAY 80.6 MILLONES DE USUARIOS DE INTERNET Y 86.5 MILLONES,» 17 Febrero 2020.. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf. [Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- [49] Statista Research Department, « Market share held by leading smartphone brands in Mexico from January 2020 to July 2022, » Statista, 31 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.statista.com/statistics/1201084/replacement-cycle-length-of-smartphones-mexico/>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].
- [50] Statista Research Department, «Average replacement cycle length of smartphones in Mexico between 2nd quarter 2016 and 2nd quarter 2021, » Statista, 31 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.statista.com/statistics/1201084/replacement-cycle-length-of-smartphones-mexico/>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].

- [51] M. Veiga, «Estos son los móviles de Samsung más vendidos del mundo ahora mismo,» La Vanguardía, 14 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/andro4all/samsung/los-5-moviles-de-samsung-mas-vendidos-del-planeta-en-este-momento>. [Último acceso: 16 MAyo 2023].

Anexos

3.7 Diagrama de Secuencia

3.7.1 Diagramas de Secuencia Usuario (Alumno)

Iniciar Sesión

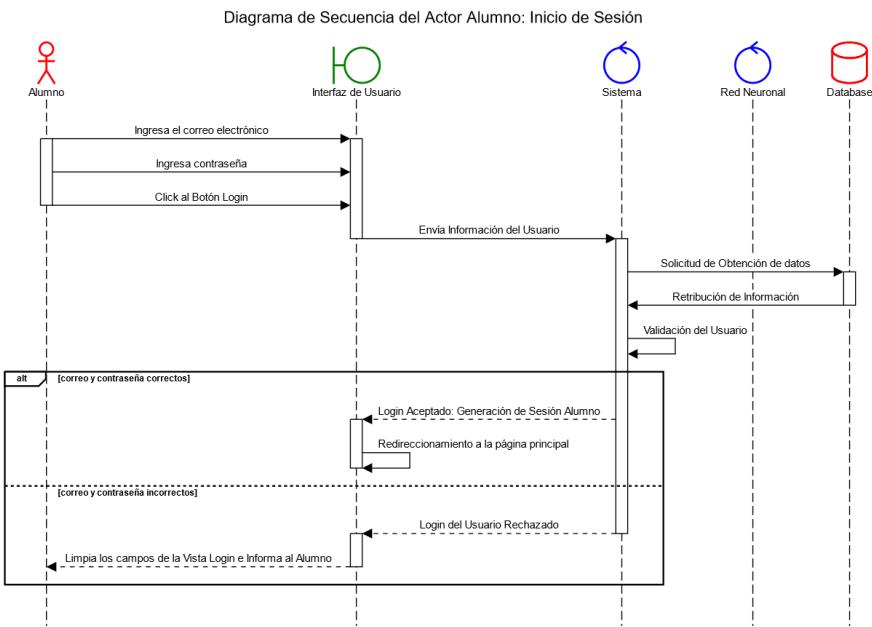


Figura 3.7.1.5 Diagrama de Secuencia del Usuario Alumno Iniciar Sesión

Visualizar contenido multimedia

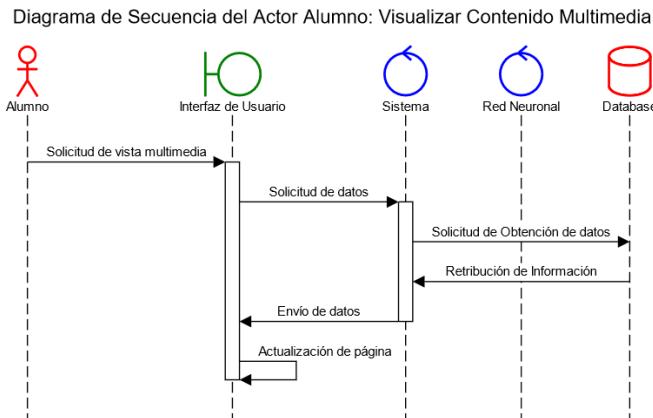


Figura 3.7.1.6 Diagrama de Secuencia del Usuario Alumno Visualizar contenido multimedia

Cerrar Sesión

Diagrama de Secuencia del Actor Alumno: Cierre de Sesión

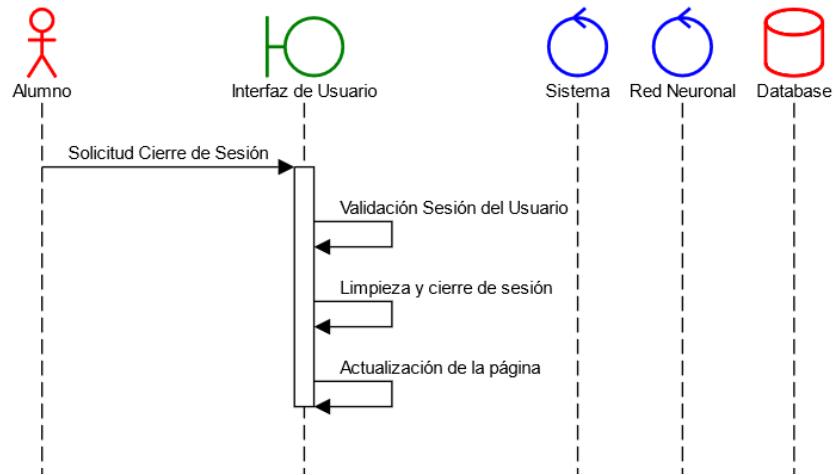


Figura 3.7.1.7 Diagrama de Secuencia del Usuario Alumno Cerrar Sesión

3.7.2 Diagramas de Secuencia Usuario (Profesor)

Iniciar Sesión

Diagrama de Secuencia del Actor Profesor: Inicio de Sesión

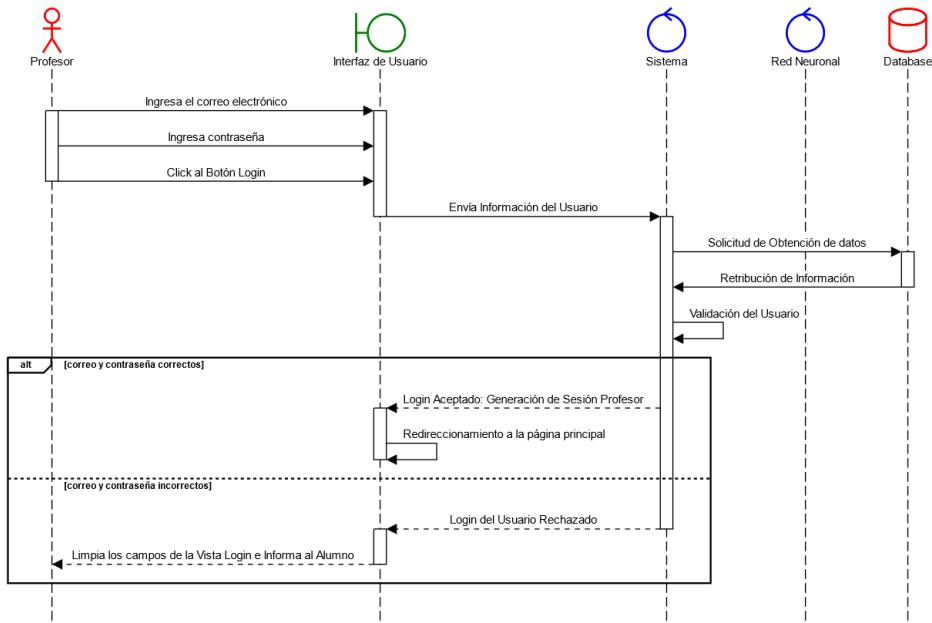


Figura 3.7.2.2 Diagrama de Secuencia del Usuario Profesor Iniciar Sesión

Dar de baja usuario alumno

Diagrama de Secuencia del Actor Profesor: Dar de Baja Usuario Alumno

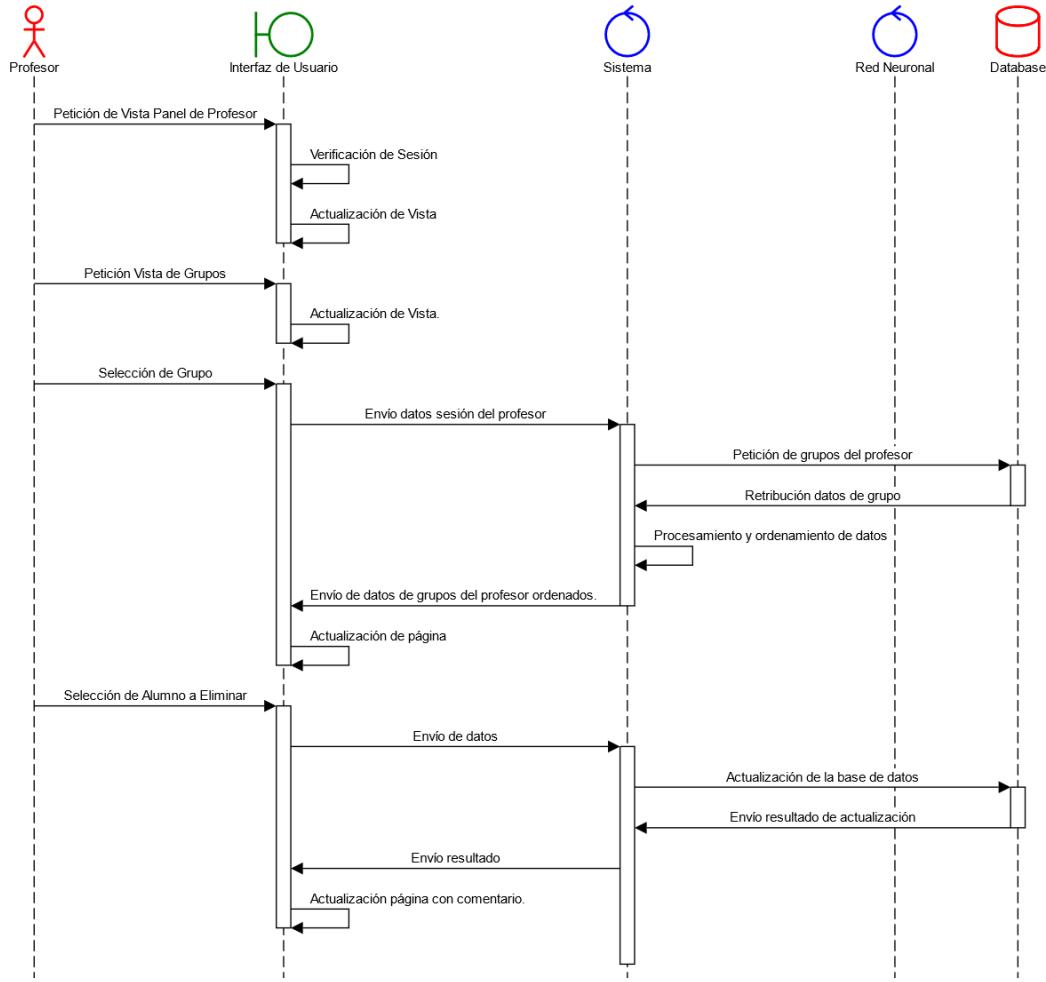


Figura 3.7.2.3 Diagrama de Secuencia del Usuario Profesor Dar de baja usuario alumno

Diagrama de Secuencia del Actor Profesor: Gestionar Grupos

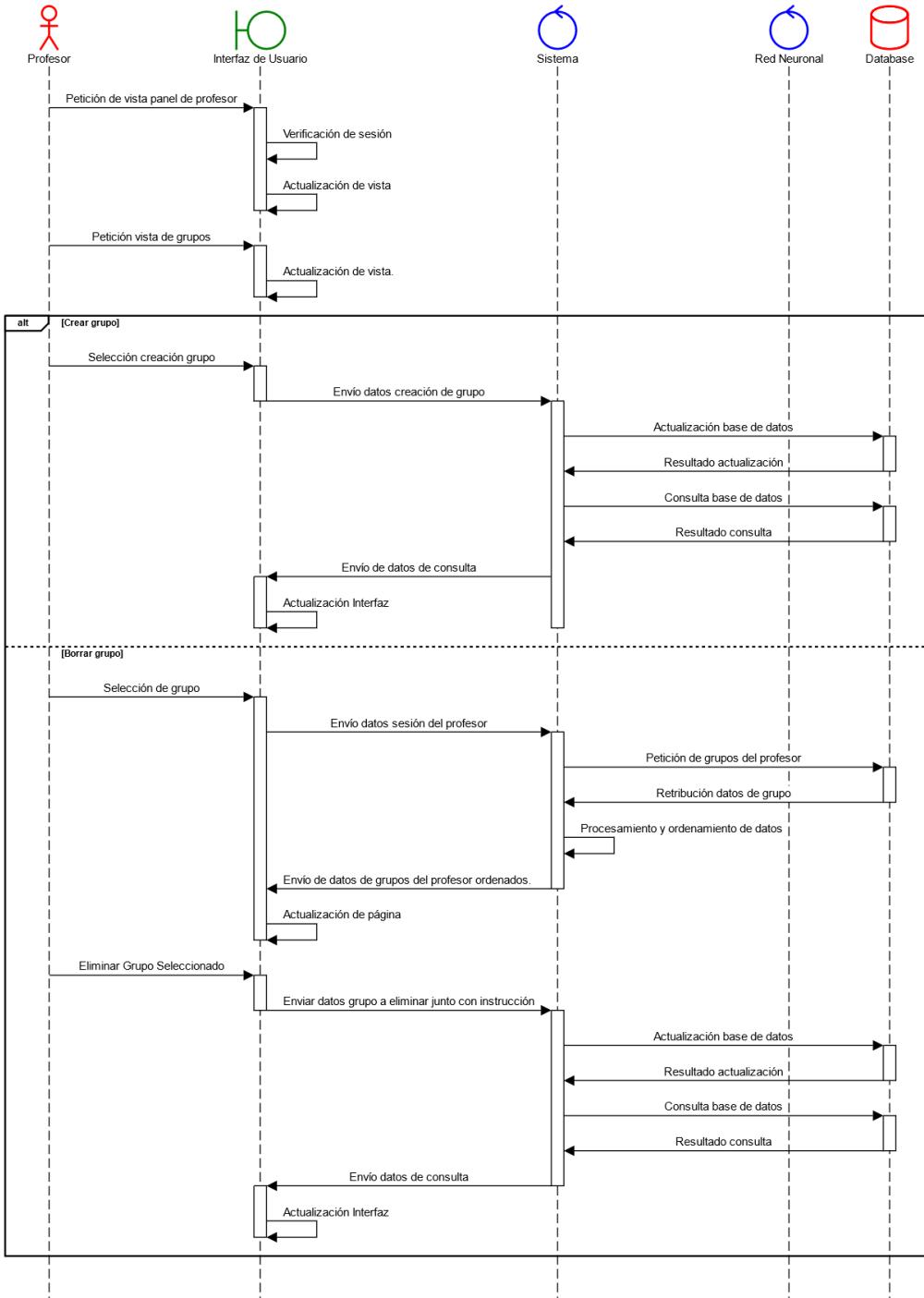


Figura 3.7.2.4 Diagrama de Secuencia del Usuario Profesor Gestionar Grupos

Cerrar Sesión

Diagrama de Secuencia del Actor Profesor: Cierre de Sesión

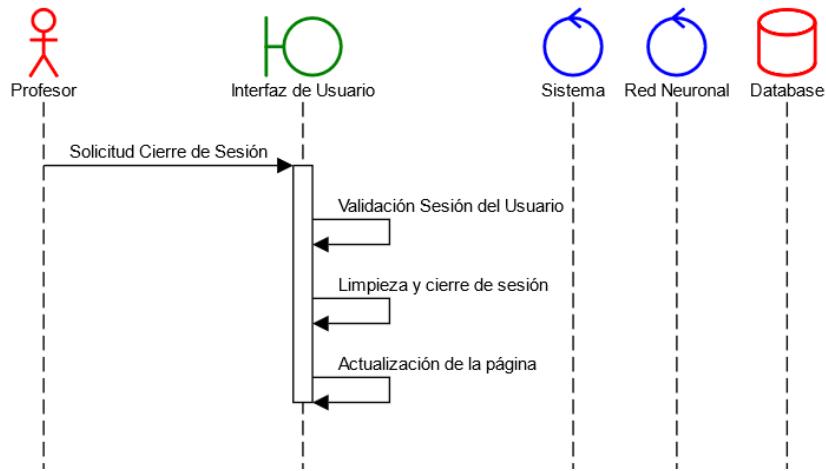


Figura 3.7.2.5 Diagrama de Secuencia del Usuario Profesor Cerrar Sesión

3.7.3 Diagrama de Secuencia Usuario (Invitado)

Crear Cuenta

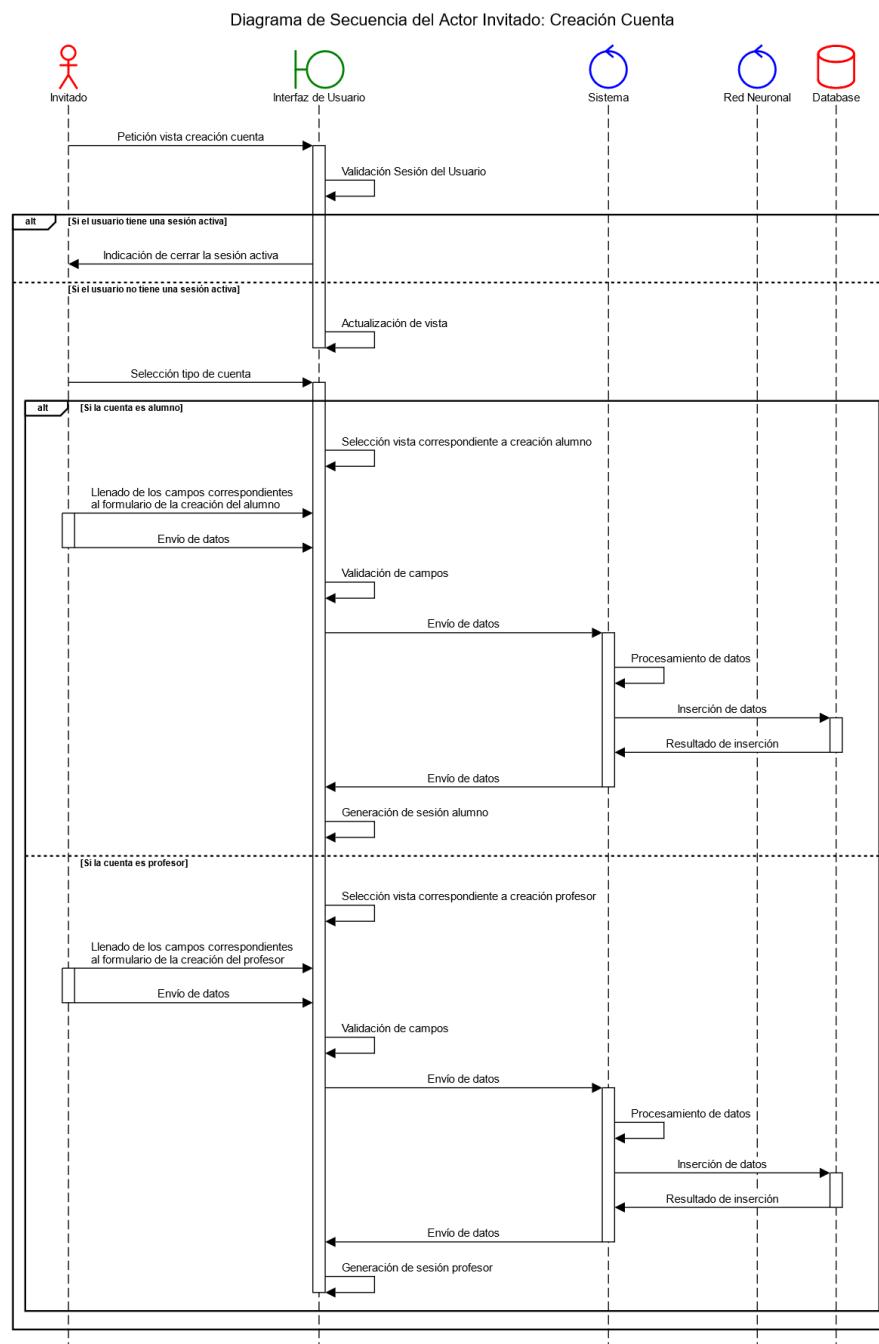


Figura 3.7.3.3 Diagrama de Secuencia del Usuario Invitado Crear Cuenta

Visualizar Contenido Multimedia

Diagrama de Secuencia del Actor Invitado: Visualizar Contenido Multimedia

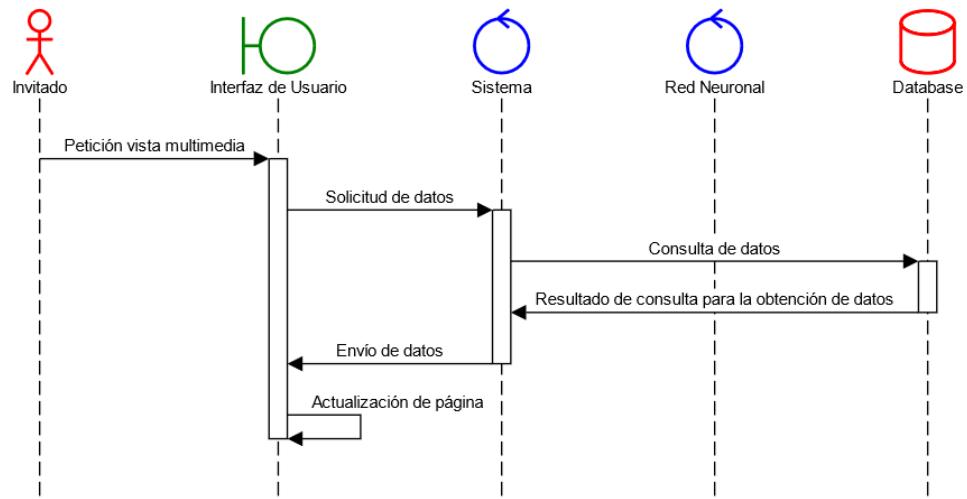


Figura 3.7.3.4 Diagrama de Secuencia del Usuario Invitado Visualizar Contenido Multimedia

3.12 Fichas de Información de Riesgos

Tabla 3.12.4. Ficha de Información de Riesgo R-02

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-02	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 18%	Impacto: Crítico
Descripción: Problemas en la salud en alguno de los integrantes del equipo.			
Refinamiento/contexto:			
<i>Subcondición 1:</i> Alguno de los integrantes padece de alguna enfermedad de gravedad y por lo tanto no pueda contribuir a la realización del prototipo de aplicación web.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Distribuir las actividades restantes entre los demás integrantes. 2. Avisar y mantener contacto previo con los integrantes del equipo sobre la situación.			
Plan de contingencia: Distribuir las actividades que estaban a cargo del integrante, para así cubrir con todas las tareas previamente programadas.			
Responsable: César Emiliano G. M.		Responsable substituto: Angel Emmanuel L. G.	

Tabla 3.12.5. Ficha de Información de Riesgo R-03.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-03	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 30%	Impacto: Marginal
Descripción: Los integrantes no posean el mismo conocimiento en los lenguajes y herramientas de desarrollo.			
Refinamiento/contexto:			
<i>Subcondición 1:</i> Las herramientas de desarrollo sean desconocidas por el equipo.			
<i>Subcondición 2:</i> Dificultades de entendimiento de la forma de programar en determinadas herramientas.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Dialogar en conjunto con el equipo de trabajo, las debilidades y fortalezas de cada uno de los integrantes. 2. Iniciar un curso de capacitación, vía plataformas online u otros medios de su preferencia.			
Plan de contingencia: Se buscarán herramientas que cumplan con el mismo propósito, y donde el equipo maneje adecuadamente			
Responsable: Angel Emmanuel L. G.		Responsable substituto: Ricardo D. M.	

Tabla 3.12.6. Ficha de Información de Riesgo R-05.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-05	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 30%	Impacto: Marginal
Descripción: La PC y/o laptop, no cuenten con los suficientes recursos necesarios.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Falta de actualización del equipo.			
Subcondición 2: El sistema utiliza características relacionadas con equipos recientes.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Establecer los requisitos sobre el software a ocupar, antes de iniciar el desarrollo. 2. Llevar a cabo las actualizaciones en el sistema pertinentes para un funcionamiento óptimo de la PC y/o laptop. 3. Verificar las características mínimas necesarias para el funcionamiento del software.			
Plan de contingencia: Obtener un equipo que cuente con las características necesarias para ejecutar el sistema, las características están especificadas en las reglas de negocio.			
Responsable: César Emiliano G. M.		Responsable substituto: Angel Emmanuel L. G.	

Tabla 3.12.7. Ficha de Información de Riesgo R-06.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-06	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 55%	Impacto: Crítico
Descripción: Cambios imprevistos de las características del prototipo de aplicación web.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: A lo largo de la realización del prototipo de aplicación web nos vemos en la necesidad de agregar o quitar alguna funcionalidad a la aplicación web.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Definir los nuevos requerimientos del prototipo de aplicación web. 2. Buscar las herramientas necesarias para implementar el cambio.			
Plan de contingencia: Estar seguros del cambio a realizar y hacerlo de la manera óptima para no retrasar de sobremanera el prototipo de aplicación web.			
Responsable: Angel Emmanuel L. G.		Responsable substituto: Ricardo D. M.	

Tabla 3.12.8. Ficha de Información de Riesgo R-08.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-08	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 10%	Impacto: Marginal
Descripción: Problemas con la energía eléctrica e Internet en algunos de los integrantes.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Distribuir las actividades restantes entre los demás integrantes.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Monitorear constantemente la conexión a Internet. 2. Revisar su instalación de luz de su hogar, este en buenas condiciones y sin algún defecto.			
Plan de contingencia: Al integrante que no disponga de energía eléctrica y de una conexión a internet estable, se le asignaran actividades las cuales no requieran conexión a internet.			
Responsable: César Emiliano G. M.		Responsable substituto: Angel Emmanuel L. G.	

Tabla 3.12.9. Ficha de Información de Riesgo R-09.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-09	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 35%	Impacto: Marginal
Descripción: La conexión del hardware sufra algún accidente.			
Refinamiento/contexto:			
<p><i>Subcondición 1:</i> Daños físicos de la conexión del sistema.</p> <p><i>Subcondición 2:</i> Cambio del medio/lugar en donde se encuentran.</p> <p><i>Subcondición 3:</i> Fallo en el hardware, no envía los datos correctos al software.</p> <p><i>Subcondición 4:</i> Fallo en el software, no ejecute de la mejor manera el entrenamiento de la red neuronal que se requiere.</p>			
Mitigación/monitoreo:			
<p>6 Revisar que no existan daños físicos en la conexión.</p> <p>7 Verificar las condiciones que se encuentra el sistema sean las adecuadas para su buen funcionamiento.</p> <p>8 Verificar el buen funcionamiento del hardware.</p> <p>9 Verificar el buen funcionamiento del software.</p>			
Plan de contingencia: Tener soporte para el sistema de la manera más inmediata posible.			
Responsable: Angel Emmanuel L. G. Responsable substituto: Ricardo D. M.			

Tabla 3.12.10. Ficha de Información de Riesgo R-10.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-10	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 60%	Impacto: Crítico
Descripción: El usuario final tenga dificultades para utilizar el prototipo de aplicación web.			
Refinamiento/contexto:			
<p><i>Subcondición 1:</i> Falta de información para operar el equipo, en el manual de usuario.</p> <p><i>Subcondición 2:</i> Falta de capacitación del personal que estará usando el prototipo de aplicación web.</p> <p><i>Subcondición 3:</i> Realizar reuniones virtuales remotas para tomar decisiones democráticas.</p>			
Mitigación/monitoreo:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Brindarle al usuario un manual audiovisual. 2. Informarle de manera clara y concisa acerca de cómo se debe operar el prototipo de aplicación web, de esta manera se evitan confusiones por parte del usuario. 3. Verificar el buen funcionamiento del software. 			
Plan de contingencia: Brindar capacitación al usuario y un manual de uso sobre todo lo que implica el prototipo de aplicación web, y éste pueda interactuar.			
Responsable: Ricardo D. M. Responsable substituto: César Emiliano G. M.			

Tabla 3.12.11. Ficha de Información de Riesgo R-11.

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-11	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 45%	Impacto: Crítico
Descripción: El producto final no cumple con las expectativas del usuario.			
Refinamiento/contexto:			
<i>Subcondición 1:</i> 1 usuario esperaba un producto final con más funcionalidades de las que se ofrecen.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Preguntar a personas que se encuentren fuera del equipo de trabajo su opinión sobre cada avance significativo en el desarrollo del prototipo de aplicación web, para saber si las funcionalidades ofrecidas compensan el costo. 2. Verificar en todo momento que las funcionalidades ofertadas desde el inicio se cumplan en su totalidad.			
Plan de contingencia: Cada que se reciba retroalimentación sobre el producto, se implementarán las sugerencias.			
Responsable: César Emiliano G. M.		Responsable substituto: Angel Emmanuel L. G.	

Tabla 3.12.12. Ficha de Información de Riesgo R-12

Ficha de Información de Riesgo			
ID: R-12	Fecha: 20/03/2023	Probabilidad: 50%	Impacto: Crítico
Descripción: El producto final no puede ser probado, inicialmente, por la población objetivo.			
Refinamiento/contexto:			
<i>Subcondición 1:</i> La escuela, por algún motivo, cancela las pruebas con sus alumnos.			
Mitigación/monitoreo:			
1. Buscar alguna escuela alternativa, en caso de que el tiempo lo permita, que pueda substituir a la escuela que acaba de cancelar.			
Plan de contingencia: Localizar alumnos que edades similares a alumnos de 1ro de primaria y realizar pruebas del sistema con ellos, así mismo, localizar a docentes educadores comprobables con experiencia con alumnos de dicho grado, y realizar pruebas.			
Responsable: César Emiliano G. M.		Responsable substituto: Angel Emmanuel L. G.	

4.3.3 Encuesta Cuestionario

Encuesta para el Seguimiento del Aprendizaje de la Caligrafía

¡Gracias por participar en nuestra encuesta! Tu opinión es fundamental para el desarrollo de nuestra Aplicación Web como una Herramienta de Apoyo para la mejora de la Caligrafía mediante una Técnica de Inteligencia Artificial.

Por favor, tómate unos minutos para responder la siguiente encuesta.

Nombre:

Correo Electrónico:

Ciudad:

1. ¿Recuerdas haber recibido enseñanza de caligrafía en el Preescolar o Primaria? (Selecciona una opción)

 - Sí
 - No
2. En caso de haber recibido enseñanza de caligrafía, ¿qué tipo de letra se te enseñó?

 - Letra tipo molde
 - Letra cursiva
 - Otra (específica)
3. ¿La enseñanza de caligrafía que recibiste en tu escuela tenía algún plan de estudios normalizado para el desarrollo y práctica de la caligrafía?

 - Sí
 - No
4. En caso de que tu respuesta anterior sea afirmativa. Por favor, especifica.

5. En tu opinión, ¿cuán efectiva consideras que fue la enseñanza de caligrafía que recibiste en el Preescolar o Primaria? (Selecciona una opción) 72 respuestas

 - Muy efectiva
 - Moderadamente efectiva
 - Poco efectiva
 - No fue efectiva
 - No recuerdo
6. ¿Crees que el tipo de letra que te enseñaron en el Preescolar o Primaria ha influido en tu caligrafía actual? (Selecciona una opción) 72 respuestas

 - Sí, definitivamente
 - Probablemente sí
 - No estoy segura/o
 - Probablemente no
 - No, en absoluto

7. ¿Tienes alguna sugerencia adicional o comentario sobre la enseñanza de caligrafía o la aplicación web que se desarrollará?
-

Prototipo de Aplicación Web Caligrafía

¡Bienvenido/a a nuestra encuesta sobre fuentes de letras para la corrección de caligrafía!

Estamos desarrollando un prototipo de aplicación web para ayudar a mejorar la caligrafía de los de educación básica primaria. Para lograrlo, necesitamos entrenar a nuestra red neuronal con diferentes tipos de fuentes de letras. Su opinión es muy valiosa para nosotros, ya que nos ayudará a seleccionar las fuentes más efectivas. Por favor, tome unos minutos para completar esta encuesta.

Nombre

Profesión

Correo Electrónico

Profesión

¿Cuál es su nivel de interés en mejorar tu caligrafía?

- Muy interesado/a
- Interesado/a
- Neutral
- Poco interesado/a
- Nada interesado/a

¿Cuánto tiempo crees que un niño debería dedicar para practicar su caligrafía semanalmente?

- Menos de 1 hora
- Entre 1 y 3 horas
- Entre 3 y 5 horas
- Más de 5 horas
- Ninguna práctica caligráfica

¿Cree que una aplicación web para la corrección de la caligrafía podría ayudar a mejorar la caligrafía en los alumnos de educación básica primaria?

- Sí, definitivamente
- Probablemente sí
- No estoy seguro/a
- Probablemente no
- No, definitivamente no

Fuente Zaner-Blaser

Por favor, evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 es "Es muy compleja de practicar" y 5 es "Es muy sencilla de practicar". Ten en cuenta la legibilidad y estética.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Fuente Arial

Por favor, evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 es "Es muy compleja de practicar" y 5 es "Es muy sencilla de practicar". Ten en cuenta la legibilidad y estética.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Fuente Italic

Por favor, evalúa en una escala del 1 al 5, donde 1 es "Es muy compleja de practicar" y 5 es "Es muy sencilla de practicar". Ten en cuenta la legibilidad y estética.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4.5 Bocetos de la Aplicación Web



Figura 4.5.15 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta de Registro Principal,
elaboración propia

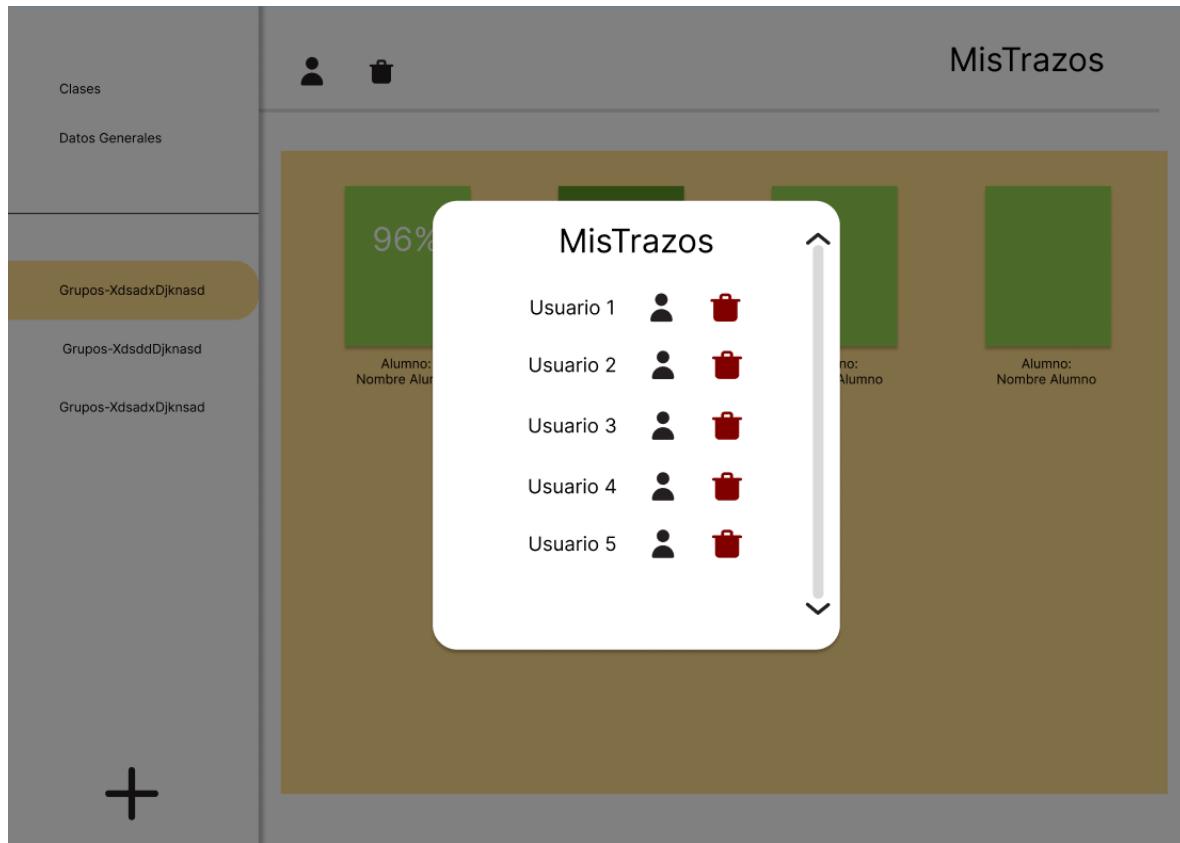


Figura 4.5.16 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel correspondiente al Profesor, visualización de alumnos, elaboración propia

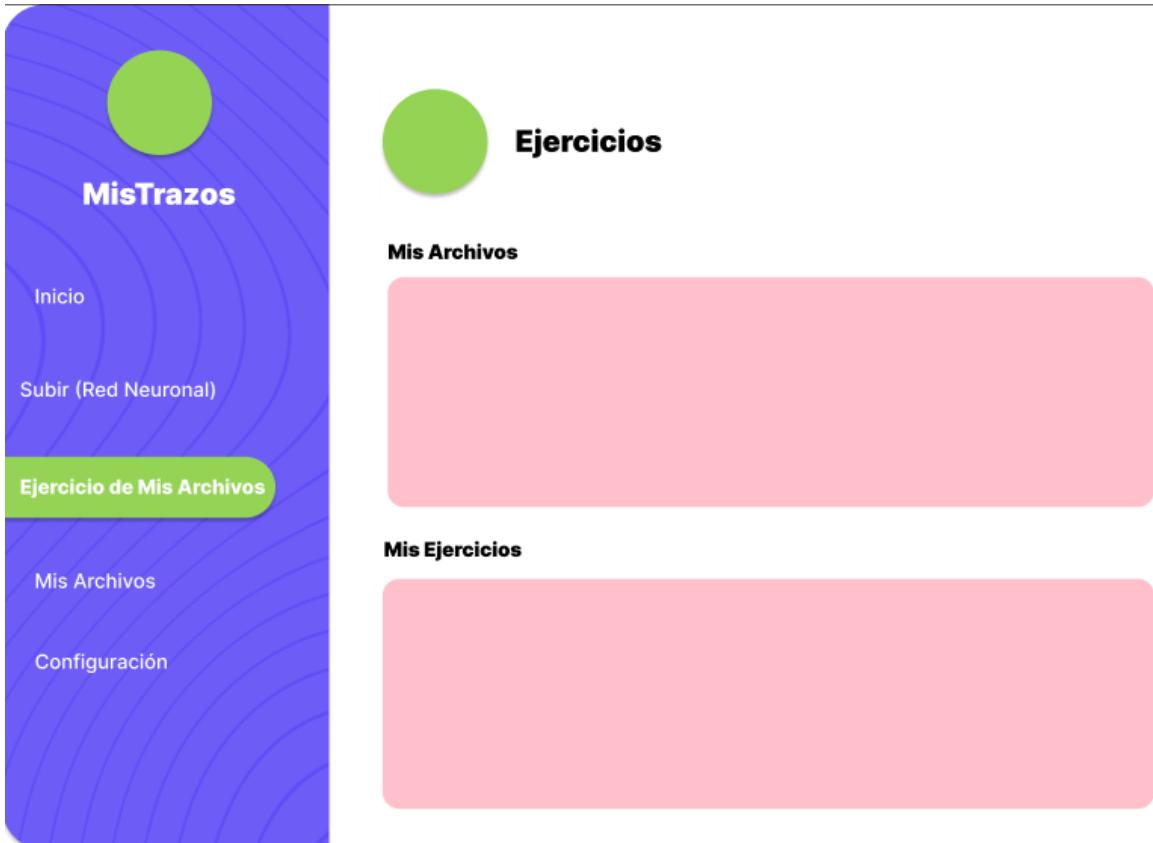


Figura 4.5.17 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno,
Sección de Ejercicios, elaboración propia

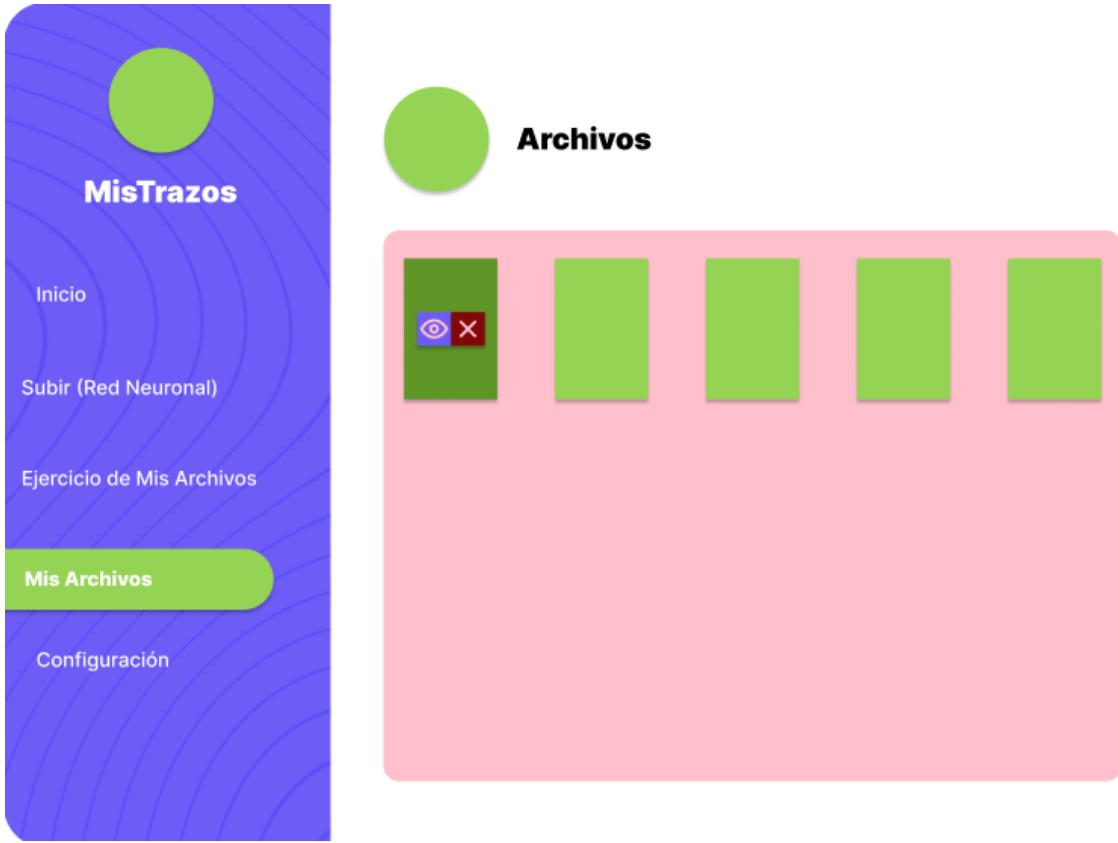


Figura 4.5.18 Vista para dispositivos de cómputo de la maqueta del Panel del Alumno,
Sección de Archivos, elaboración propia

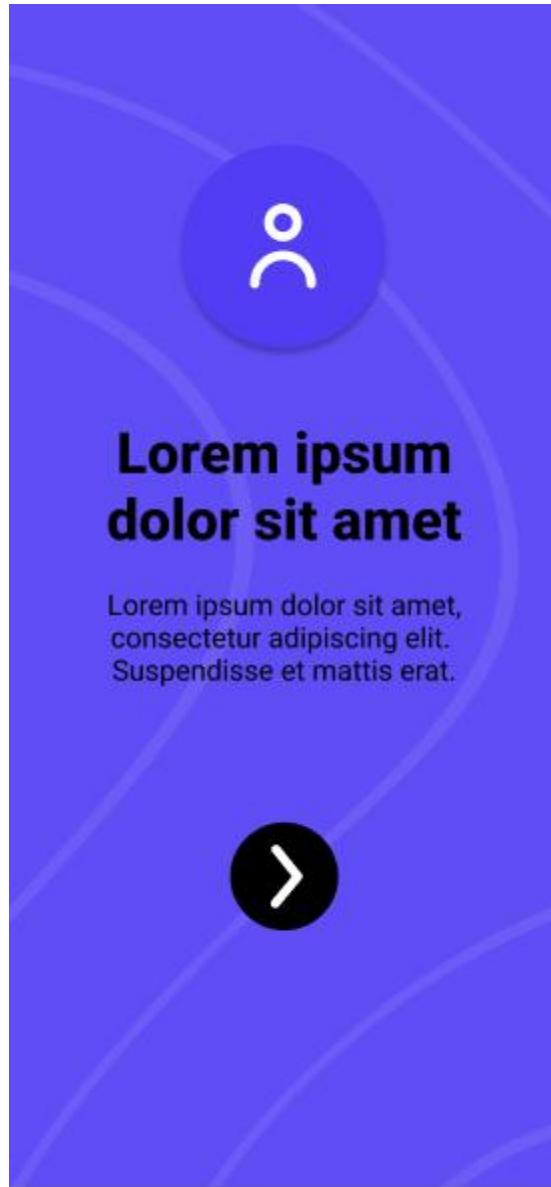


Figura 4.5.19 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Login, primera sección, elaboración propia

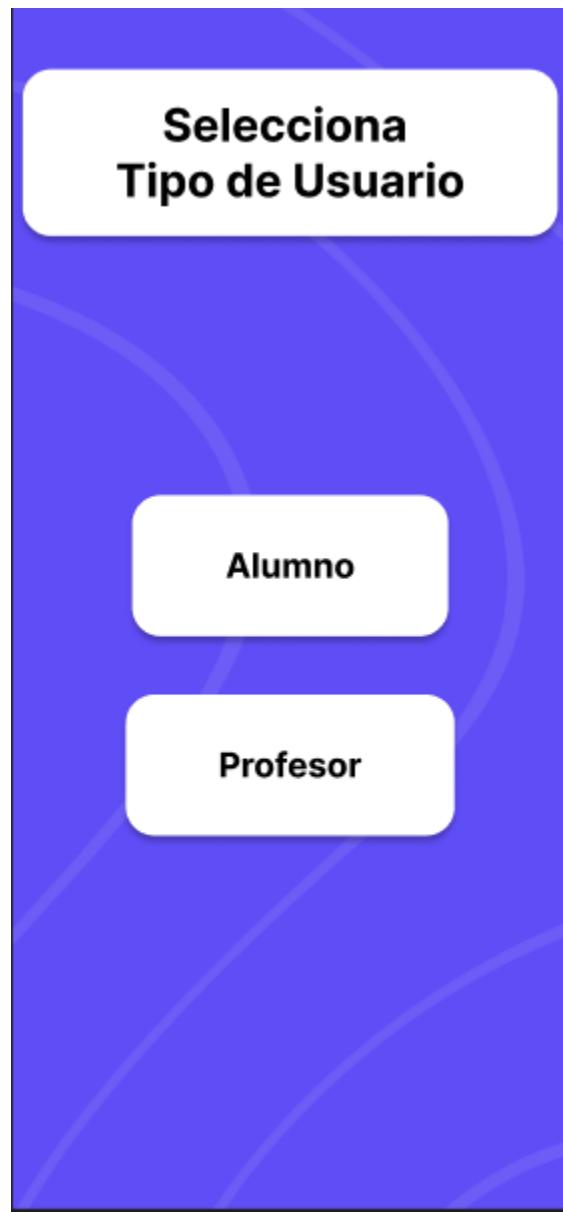


Figura 4.5.20 Vista para dispositivos móviles de la maqueta de Registro Principal,
elaboración propia

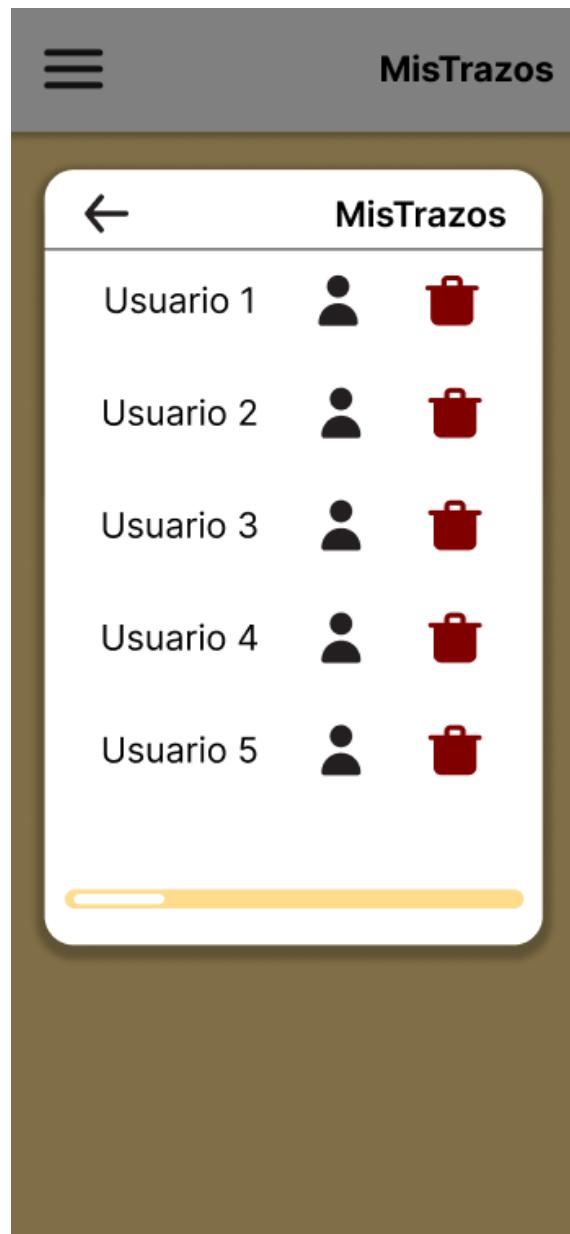


Figura 4.5.21 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel correspondiente al Profesor, visualización de alumnos, elaboración propia



Figura 4.5.22 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Red Neuronal, elaboración propia



Ejercicios

Mis Archivos



Mis Ejercicios

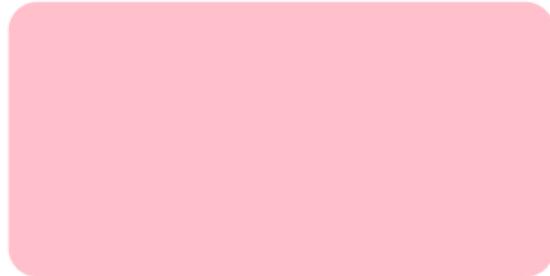


Figura 4.5.23 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Ejercicios, elaboración propia

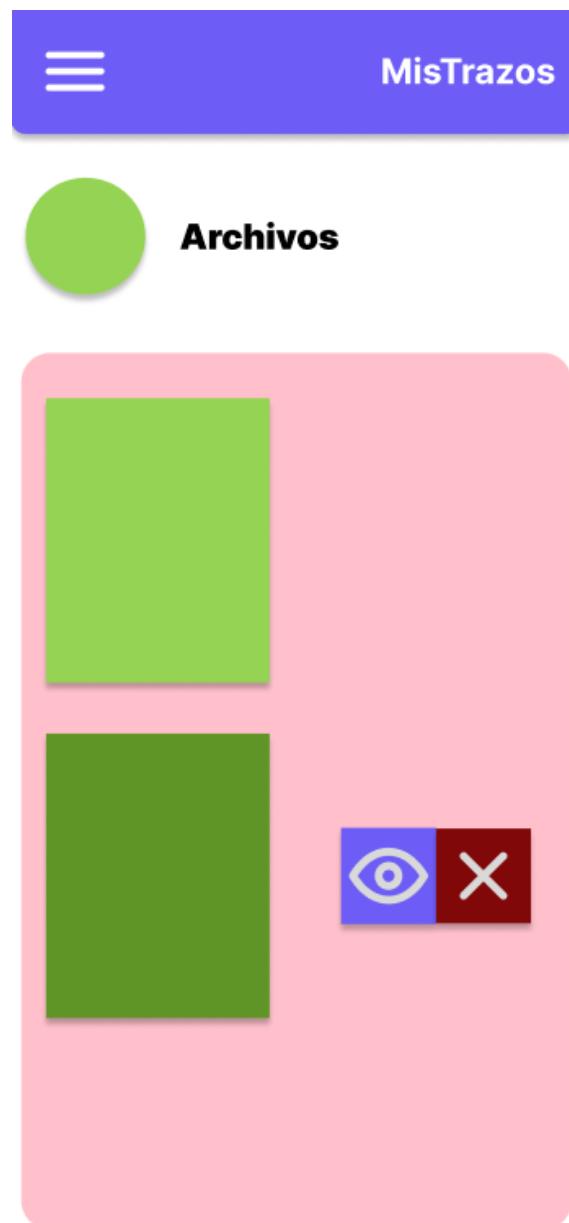


Figura 4.5.24 Vista para dispositivos móviles de la maqueta del Panel del Alumno, Sección de Archivos, elaboración propia

Términos Y Condiciones

Fecha de última actualización: [29 de noviembre del 2023]

Bienvenidos a la Aplicación Web para el Apoyo en la Caligrafía de Alumnos de Primer Grado de Primaria "PALALA" ("nosotros," "nos," o "nuestro"), la cual opera en la dirección Web: <https://palala.online.com>

Estos Términos y Condiciones ("Términos") regulan el uso de la aplicación web ("Aplicación") desarrollada para el Apoyo en la Caligrafía de los Alumnos de primer grado de Primaria mediante una Técnica de Inteligencia Artificial y los complementos relacionados ofrecidos por la misma. Por favor, lea atentamente estos Términos antes de utilizar la Aplicación.

La Aplicación es propiedad y está operada por [la Escuela Superior de Cómputo, del Instituto Politécnico Nacional] ("Nosotros" o "Nos"). Al utilizar la Aplicación, usted ("Usuario") acepta estos Términos en su totalidad. Si no está de acuerdo con estos Términos, por favor, absténgase de utilizar la Aplicación Web.

1. Uso de la Aplicación:

- a. Esta Aplicación se proporciona con el propósito de apoyar en la caligrafía en los alumnos primer grado de una escuela primaria, mediante el uso de una técnica de inteligencia artificial.
- b. Usted se compromete a utilizar la Aplicación únicamente con fines educativos y de apoyo en la caligrafía de estudiantes de primer grado de Primaria.
- c. Usted no debe utilizar la Aplicación de manera que infrinja las leyes o regulaciones aplicables.

1.1 Cuenta

Para hacer uso de las funciones de la Aplicación, deberá registrar una cuenta. Se le puede solicitar que proporcione una dirección de correo electrónico y una contraseña relacionada con su cuenta. El correo electrónico asociado será con el que nos comunicaremos en caso necesario. Usted es el único responsable de mantener la confidencialidad de su cuenta y contraseña, y está de acuerdo con aceptar la responsabilidad de todas las actividades que ocurran bajo su cuenta o contraseña. Usted está de acuerdo que la información que proporcione a "PALALA", ya sea durante el registro o en cualquier otro momento, será verdadero, correcto, actual, y completo. También está de acuerdo en que garantizará que esta información se mantendrá correcta y actualizada en todo momento.

1.2 Usuario Alumno (niño)

Si es menor de 7 años [a "Usuario alumno (niño)"], no puede crear ni registrar una cuenta en la aplicación web, sin el consentimiento y la aprobación de su padre o tutor legal, o de su escuela según lo dispuesto en la **Sección 1.4 (Uso escolar)**. Si es menor de edad, declara que su padre o tutor legal ha revisado y aceptado los Términos en su nombre.

Un usuario alumno (niño) puede usar la Aplicación Web si está registrado a través de su escuela o estancia educativa o, en ciertos casos, por personal escolar que ha establecido una relación directamente con P.A.L.A.L.A, siempre que la escuela o estancia educativa haya obtenido el consentimiento de los padres o tutores, o haya cumplido con una exención a los requisitos de consentimiento de los padres según la ley aplicable.

1.3 Usuario del Profesor

Para utilizar la Aplicación Web, debe registrarse en una cuenta. Se le puede solicitar que proporcione una dirección de correo electrónico y una contraseña en relación con su cuenta. El correo electrónico asociado será con el que nos comunicaremos en caso necesario. Usted es el único responsable de mantener la confidencialidad de su cuenta y contraseña, y acepta la responsabilidad de todas las actividades que se realicen bajo su cuenta o contraseña. Usted acepta que la información que proporciona a P.A.L.A.L.A, ya sea en el registro o en cualquier otro momento, será verdadera, precisa, actual y completa. También acepta que se asegurará de que esta información se mantenga precisa y actualizada en todo momento. Si tiene razones para creer que su cuenta ya no es segura (por ejemplo, en caso de pérdida, robo o divulgación no autorizada o uso de su nombre de usuario de la cuenta o contraseña), entonces acepta notificar de inmediato a través de la dirección Web: <https://palala.online.com>

1.4 Uso Escolar

P.A.L.A.L.A puede poner a disposición ciertas características y herramientas que permiten a los usuarios registrados como un Profesor o Profesores, para trabajar con los alumnos. Cabe señalar, que el número de grupo de clase se limitarán a un máximo de 10 creados por un Profesor. Asimismo, a través de la Aplicación Web con el fin de proporcionar a dichos alumnos un apartado tutorial, tal como es el trazado de las letras Mayúsculas y minúsculas, además de la descarga de plantillas de práctica como parte extra del plan de estudios de la escuela, en revisar y evaluar el logro, el progreso de dichos alumnos, del uso de la herramienta de apoyo en la caligrafía.

Si usted es Profesor que accede a la Aplicación Web en nombre de una escuela u otra institución educativa similar ("Institución"), los siguientes términos se aplican a usted:

- a. Limitaciones de uso. La Aplicación web se le proporcionan con fines educativos como parte extra del plan de estudios de la escuela. Debe utilizar la herramienta de apoyo de la aplicación web de conformidad con todas las leyes, normas y reglamentos aplicables. Usted acepta no reproducir, duplicar, copiar, vender, revender o explotar de otro modo para ningún propósito comercial, ninguna parte la aplicación web.

- b.** Responsabilidad por consentimiento y avisos. Usted y / o la Institución asumen la responsabilidad exclusiva de obtener los consentimientos requeridos por los padres o tutores, y de proporcionar divulgaciones apropiadas a los Usuarios de la Escuela y sus padres con respecto a los Usuarios de la Escuela' uso de la aplicación web, nuestros Términos y nuestra Política de privacidad.

Nos referimos a esto como "**Consentimiento escolar**". Si un usuario principal no da su consentimiento o rescinde dicho consentimiento escolar, El personal escolar o la institución notificarán inmediatamente a P.A.L.A.L.A que suspenda el acceso de ese estudiante a la aplicación web y se asegure de que la información de dicho estudiante ya no sea accesible a través de esta. Bajo ninguna circunstancia, P.A.L.A.L.A será responsable por el hecho de que el personal de la escuela no consulte a las autoridades y administradores de su escuela o por no obtener el consentimiento de la escuela cuando sea necesario.

2. Propiedad Intelectual

- a.** Todos los derechos de propiedad intelectual relacionados con la Aplicación, incluyendo, pero no limitado a, derechos de autor, marcas comerciales y patentes, son propiedad exclusiva de [la Escuela Superior de Cómputo, del Instituto Politécnico Nacional] o sus licenciatarios.
- b.** Usted no tiene derecho a copiar, modificar, distribuir o utilizar cualquier contenido de la Aplicación sin el consentimiento expreso por escrito de [la Escuela Superior de Cómputo, del Instituto Politécnico Nacional].
- c.** Las interfaces visuales, gráficas, diseño, compilación, información, código informático (incluye el código fuente o código objeto), software, contenido multimedia, y todos los otros elementos de la “Aplicación Web P.A.L.A.L.A” están protegidos por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), en materia de derechos de autor, patentes y marcas, que rigen la propiedad intelectual y los derechos de propiedad.

3. Privacidad

Nuestra política de privacidad, que se encuentra detallada en el apartado correspondiente, rige la recopilación y el uso de sus datos personales. Al utilizar la Aplicación, usted acepta las prácticas de privacidad descritas en nuestra Política de Privacidad.

4. Limitación de Responsabilidad

- a. La Aplicación se proporciona "tal cual" y "según disponibilidad". No garantizamos la precisión, confiabilidad o disponibilidad continua de la Aplicación Web.
- b. [La Escuela Superior de Cómputo, del Instituto Politécnico Nacional] no será responsable por daños directos, indirectos, incidentales, especiales o consecuentes que resulten del uso de la Aplicación Web.

5. Modificaciones

[La Escuela Superior de Cómputo, del Instituto Politécnico Nacional], se reserva el derecho, a nuestra entera discreción, de cambiar, modificar, añadir, o quitar partes de dichos Términos en cualquier momento. Las modificaciones entrarán en vigor inmediatamente después de su publicación en la Aplicación. Se le recomienda revisar periódicamente estos Términos para estar al tanto de cualquier cambio.

6. Acceso al contenido del usuario

La Aplicación Web P.A.L.A.L.A puede permitir a los usuarios compartir su contenido de usuario con un grupo selecto de otros usuarios, Usted reconoce y está de acuerdo en que, a pesar de que P.A.L.A.L.A puede proporcionar ciertas funciones que pretenden permitirle restringir algún contenido de usuario que usted cree para otros usuarios, P.A.L.A.L.A no garantiza que dicho contenido de usuario no será accesible para otros.

7. Retroalimentación

Al enviarnos sugerencias u otros comentarios relacionados a la Aplicación Web, usted acepta que podemos (pero no estamos obligados) utilizar y compartir dichos comentarios para cualquier propósito sin compensación para usted. Respetaremos cualquier límite que acordemos en el momento de recopilar los comentarios.

8. Acreditación

Si usted distribuye, realiza o muestra públicamente, transmite, publica, o de lo contrario pone a disposición cualquier contenido educativo con licencia o cualquier trabajo derivado del mismo, debe proporcionar el siguiente aviso destacado junto al contenido educativo con licencia o trabajo derivado del mismo.

9. Vigencia

Estos términos permanecerán en pleno vigor y efecto mientras utilice la Aplicación Web a menos que su cuenta se dé por terminada según lo dispuesto en estos términos, en cuyo caso ya no tendrá el derecho de emplear la Aplicación Web P.A.L.A.L.A.

10. Terminación del Vínculo la Aplicación Web

Podemos suspender o terminar su acceso a la Aplicación en cualquier momento y por cualquier motivo, sin previo aviso.

Aviso de Privacidad

Fecha de última actualización: [29 de noviembre del 2023]

Nuestra Política de Privacidad establece cómo recopilamos, utilizamos y protegemos la información personal que usted proporciona a través de la Aplicación Web P.A.L.A.L.A. Lea detenidamente nuestra Política de Privacidad [Enlace https://palala.online/assets/docs/aviso_de_privacidad.pdf] para comprender cómo manejamos sus datos personales.

1. Recopilación de Datos Personales:

Recopilamos información personal limitada, como nombre y dirección de correo electrónico, cuando usted se registra en la Aplicación. También podemos recopilar datos de uso no identificables para mejorar la prestación o uso de la Aplicación.

2. Uso de Datos Personales:

Utilizamos los datos personales recopilados para proporcionar y mejorar la Aplicación, así como para enviarle actualizaciones y comunicaciones relacionadas con nuestra aplicación web. No compartiremos sus datos personales con terceros sin su consentimiento.

3. Configuración de la cuenta:

Queremos que tenga acceso a sus datos, para que pueda contribuir a mantenerla lo más precisa posible. Si se registra y proporciona información a la Aplicación Web P.A.L.A.L.A, puede actualizar, corregir o eliminar su cuenta e información en cualquier momento revisando la información de su perfil y sus preferencias en la página de configuración de su cuenta.

Los usuarios de la Escuela o estancia educativa como el área de Profesores y Alumnos, que soliciten modificar o eliminar las cuentas realizarán el mismo procedimiento.

4. Seguridad de los Datos

Implementamos medidas de seguridad para proteger sus datos personales. Sin embargo, no podemos garantizar la seguridad absoluta de la información transmitida a través de la Aplicación, debido a que ninguna medida de seguridad es perfecta.

5. Cambios a este Aviso de Privacidad

P.A.L.A.L.A puede modificar o revisar este Aviso de Privacidad de vez en cuando. P.A.L.A.L.A notificará a los usuarios cualquier cambio en nuestro Aviso de Privacidad publicando el Aviso de Privacidad revisado con una fecha de revisión actualizada en nuestra aplicación web. Si cambiamos este Aviso de manera sustancial, haremos todo lo posible para notificarle de los cambios mediante la publicación de un aviso en nuestro sitio web.

Le recomendamos que revise el Aviso de Privacidad cada vez que visite la aplicación web, debe mantenerse informado de nuestras prácticas de privacidad.

No realizaremos ningún cambio material en nuestro Aviso de Privacidad que se relacione con la recopilación o el uso de los Datos Personales del Alumno sin notificar primero a la Escuela o estancia educativa y proporcionar una opción antes de que los Datos Personales del Alumno se utilicen de una manera materialmente diferente a la que se divulgó cuando se recopilaron los datos.

6. Aviso de Privacidad para Menores

Este aviso de privacidad complementa nuestra Política de Privacidad y proporciona información adicional sobre cómo recopilamos, utilizamos y compartimos la información personal de los menores de 7 años (un “Menor” o “Menores”).

P.A.L.A.L.A está comprometida con la privacidad de los menores.

La protección de la privacidad de los menores es especialmente importante para P.A.L.A.L.A. Por esa razón, hemos creado ciertas características diseñadas para ayudar a proteger los datos personales de los menores (“Usuarios Menores”). Cuando un menor crea una cuenta, solicitamos el consentimiento de un parent o tutor legal (“Padre o Tutor”) para dicha cuenta. Cuando P.A.L.A.L.A es utilizado por una escuela en un entorno educativo, confiamos en que la escuela proporcione el consentimiento necesario, en nombre de los padres, para que P.A.L.A.L.A recopile datos de un usuario escolar menor de 13 años.

7. Cookies:

Utilizamos cookies para mejorar su experiencia en la Aplicación. Puede gestionar las preferencias de las cookies a través de la configuración de su navegador.

Política de Cookies

Fecha de última actualización: [29 de noviembre del 2023]

Nuestra Política de Cookies describe cómo utilizamos las cookies y tecnologías similares en la Aplicación. Lea nuestra Política de Cookies [Enlace a la Política de Cookies] para comprender cómo utilizamos estas tecnologías y cómo puede gestionar sus preferencias de cookies.

Una cookie; es un dato contenido en un archivo de texto muy pequeño que se almacena en su navegador o en otro lugar de su disco duro. Utilizamos cookies, balizas web, archivos de registro y una variedad de tecnologías similares (colectivamente, "cookies") para recopilar información de su navegador o dispositivo.

1. Uso de Cookies

Utilizamos cookies para mejorar la funcionalidad y el rendimiento de la Aplicación. Estas cookies pueden ser de sesión o permanentes y pueden incluir cookies propias y de terceros.

2. Control de Cookies

Puede controlar y gestionar las cookies a través de la configuración de su navegador. Sin embargo, deshabilitar ciertas cookies puede afectar la funcionalidad de la Aplicación.

3. Cookies de Terceros

Algunas cookies de terceros pueden utilizarse para fines analíticos y publicitarios. No tenemos control sobre estas cookies y le recomendamos revisar las políticas de privacidad de terceros para obtener más información.

Estos Términos y Condiciones, Política de Privacidad y Política de Cookies son fundamentales para el uso responsable y seguro de nuestra Aplicación Web.

Estos Términos y Políticas están sujetos a cambios periódicos. Le recomendamos revisarlos regularmente para estar al tanto de cualquier actualización. Su uso continuado de la Aplicación después de cualquier modificación constituirá su aceptación de los términos revisados.

Para más información sobre la Aplicación y nuestras prácticas, contáctenos en [Información de Contacto: en la dirección Web: <https://palala.online/Contact>].

- ✓ [La Escuela Superior de Cómputo, del Instituto Politécnico Nacional]
- ✓ [Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zácatenco, Delegación Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México.]
- ✓ [55-34-98-96-96]
- ✓ [app_web_PALALA@gmial.com]

Fecha de última actualización: [29 de noviembre del 2023, de los Términos y Políticas]

Acerca de Nosotros / ¿Quiénes Somos?

Es innegable indicar que la crisis sanitaria de a mediados del año 2020 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.

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

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.

La realización del presente prototipo tiene como primordial objetivo impactar de manera directa y benéfica al sector educativo primario; debido a que su principal población son alumnos de la Alcaldía Gustavo A. Madero que estén cursando el primer grado de educación primaria y requieran de una herramienta de apoyo confiable para el mejoramiento en la claridad y legibilidad de su caligrafía (trazado de letras de tipo molde Mayúsculas y minúsculas).

Trabajo Terminal es un trabajo de titulación llamado “Prototipo de Aplicación Web para el Apoyo en la Caligrafía de los Alumnos de primer grado de Primaria, mediante una Técnica de Inteligencia Artificial No. 2023-B048” es desarrollado por el equipo conformado por Díaz Matus Ricardo, González Morelos César Emiliano Y López Gracia Angel Emmanuel, pertenecientes a la Escuela Superior de Computo del Instituto Politécnico Nacional, para cumplir con la opción de titulación curricular en la carrera de “Ingeniería en Sistemas Computacionales”.

Esperamos que esta Aplicación Web les sea de mucha utilidad para todos los alumnos de la Escuela Bauhaus.

¡Comencemos!

Preguntas Frecuentes

Esta sección es muy útil dentro de una aplicación web, debido a que tienden a solucionar ciertas dudas de los usuarios de forma más eficaz al ser resueltas de manera instantánea y accesible, además de facilitar la navegación y la búsqueda de información relevante, por lo que ayuda a generarle confianza al usuario respecto al manejo de la Aplicación Web.

La sugerencia de las preguntas que se consideraran en la Aplicación Web, son las siguientes:

✓ **¿La Aplicación Web, tendrá un costo por utilizarla?**

Nada, la Aplicación Web es completamente gratuita.

✓ **¿Cómo sabrá la Aplicación Web que el usuario es para menor de edad (Alumno) ó Profesor?**

Al momento de ingresar, se debe crear una cuenta, y se debe seleccionar el tipo de usuario si es “Alumno” ó “Profesor”, para así se redirigido a la interfaz correcta de registro

✓ **¿Cómo comenzar?**

Antes que nada, se debe ingresar la URL, mediante un navegador web de su preferencia, posteriormente, seleccionar el tipo de usuario, realizar el llenado pertinente cada uno de los datos del registro, luego, se presenta la interfaz de inicio al usuario donde visualizará distintos módulos que podrá hacer uso, resaltados de colores con su respectiva identificación (nombre).

✓ **¿Cómo funciona la Aplicación Web?**

La Aplicación Web analiza y evalúa los trazos de letras de tipo molde Mayúsculas y minúsculas), de los alumnos de primer grado de Primaria, proporcionando retroalimentación y ejercicios en forma de plantilla de práctica para mejorar cada trazo de su caligrafía. Utilizando una técnica de Inteligencia Artificial (Aprendizaje supervisado con Redes neuronales convolucionales de la Arquitectura LeNet-5.) para adaptarse al progreso individual de cada alumno.

✓ **¿Cómo editar mis datos personales?**

Tu nombre, correo electrónico, escuela y grado en curso, no los podrás cambiar, sólo la contraseña podrás cambiarla cuando sea necesario actualizar, sí así lo requiere.

✓ **¿La Aplicación Web reemplaza a un maestro o tutor en la enseñanza de la caligrafía?**

No, la Aplicación Web es una herramienta complementaria para apoyar la enseñanza de la caligrafía. Los maestros y tutores siguen siendo fundamentales en el proceso educativo.

✓ **¿Puedo usar la Aplicación Web en cualquier dispositivo?**

Claro, la Aplicación Web es compatible con la mayoría de los dispositivos y navegadores web. Puede acceder a ella desde una computadora, tableta o teléfono móvil.

- ✓ **¿Cómo puedo realizar un seguimiento del progreso de mi hijo en la Aplicación Web?**

La Aplicación Web ofrece informes de progreso hacia los alumnos, donde los padres o tutores, pueden visualizarlo, para monitorear la mejora de cada trazo o trazos de las letras de tipo molde de su hijo a través de la Aplicación Web.

- ✓ **¿Es necesario instalar algún software adicional para usar la Aplicación Web?**

No, la Aplicación Web es completamente basada en web. No es necesario instalar ningún software adicional.

- ✓ **¿Es segura la información y los datos de mi hijo en la Aplicación Web?**

Sí, dado que se implementó medidas de seguridad para proteger sus datos personales. Sin embargo, no podemos garantizar la seguridad absoluta de la información transmitida a través de la Aplicación Web, debido a que ninguna medida de seguridad es perfecta. Para obtener más información, consulte nuestra Política de Privacidad.

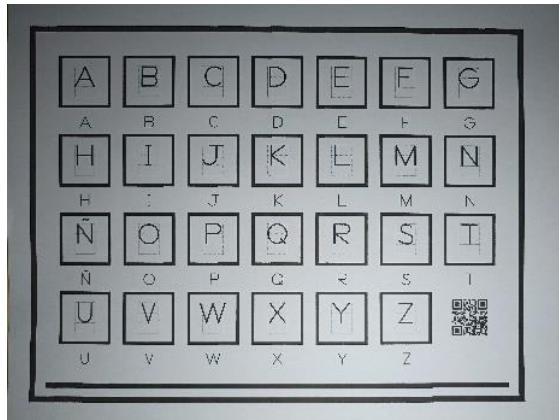
- ✓ **¿Cómo puedo cerrar mi sesión?**

En el menú superior puedes encontrar la opción de cerrar la sesión.

- ✓ **¿Qué información adicional se mostrará a los infantes (alumnos)?**

En un módulo nombrado “Contenido Multimedia”, se mostrarán una serie de videos relacionados al trazado de cada una de las letras de tipo molde (Mayúsculas y minúsculas), que le llevarán de la mano para mejorar sus trazos, dichos videos fueron previamente creados y revisados por los integrantes del equipo del presente Trabajo Terminal.

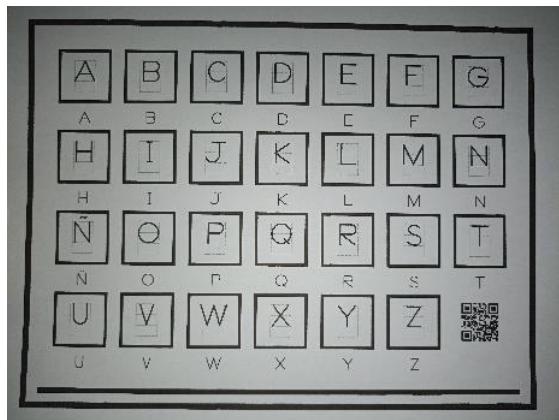
Dataset de entrenamiento



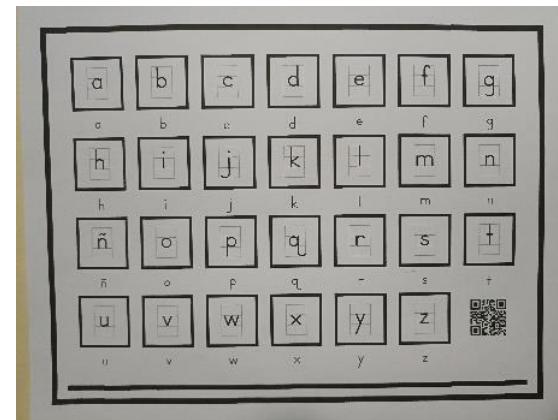
Dataset de Letra de Molde Mayúscula



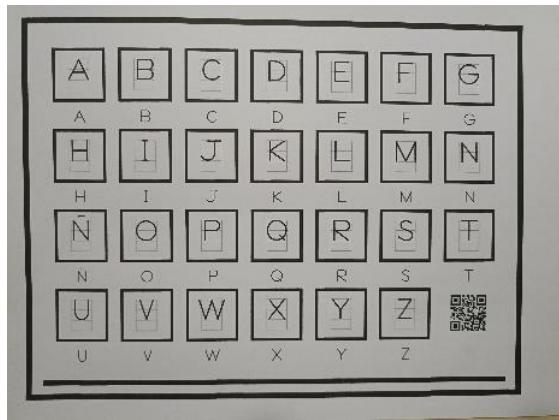
Dataset de Letra de Molde minúscula



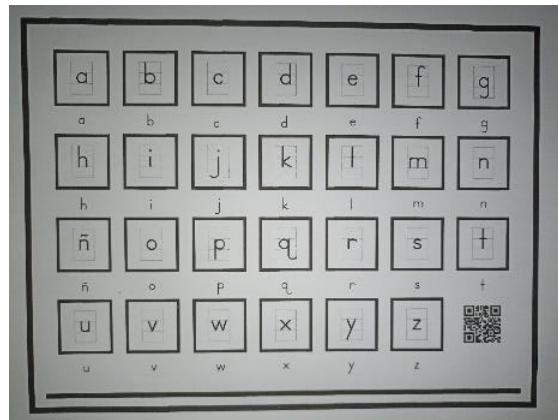
Dataset de Letra de Molde Mayúscula



Dataset de Letra de Molde minúscula



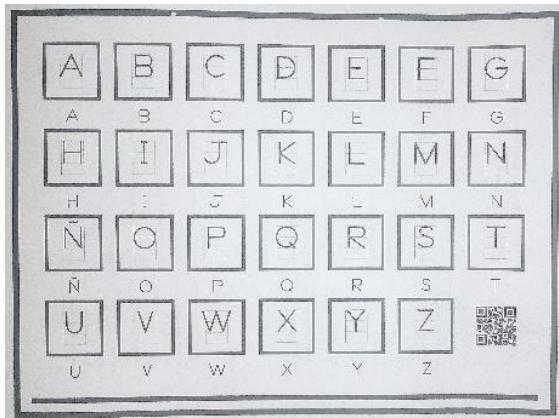
Dataset de Letra de Molde Mayúscula



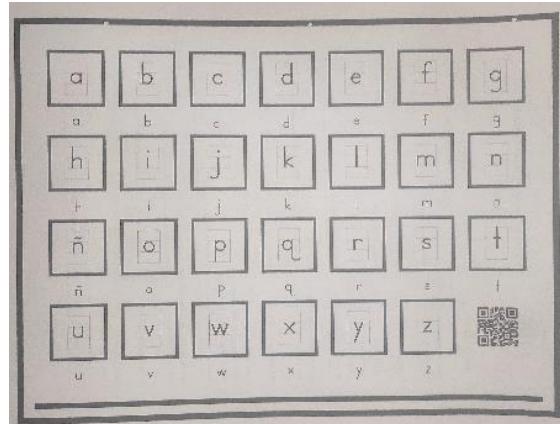
Dataset de Letra de Molde minúscula

Dataset de pruebas

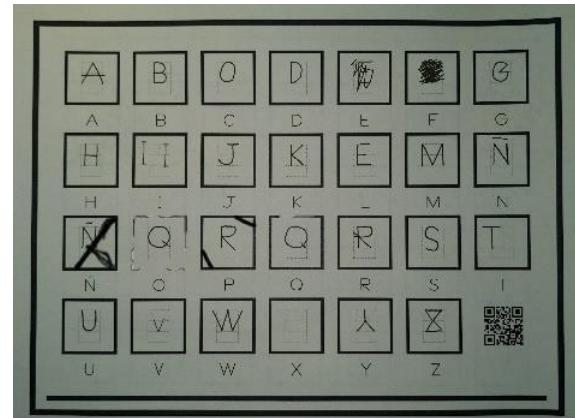
A continuación, se visualizan los distintos Dataset de pruebas a los que fue sometida en diversas condiciones y situaciones la Plantilla en Mayúscula y minúsculas.



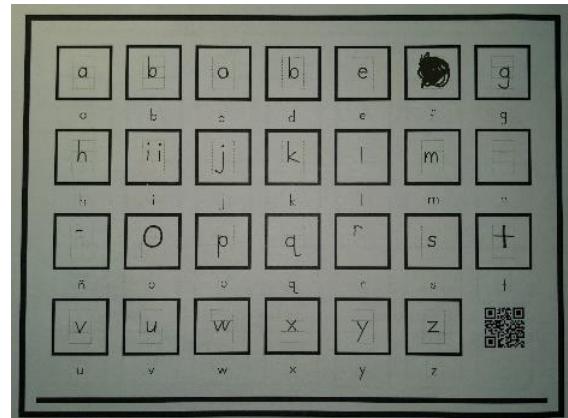
Dataset de Prueba Letra de Molde Mayúscula



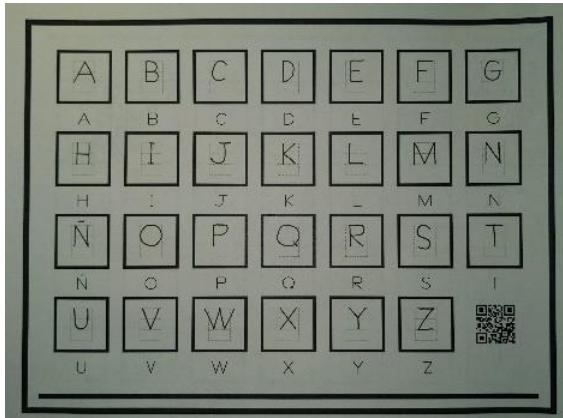
Dataset de Prueba Letra de Molde minúscula



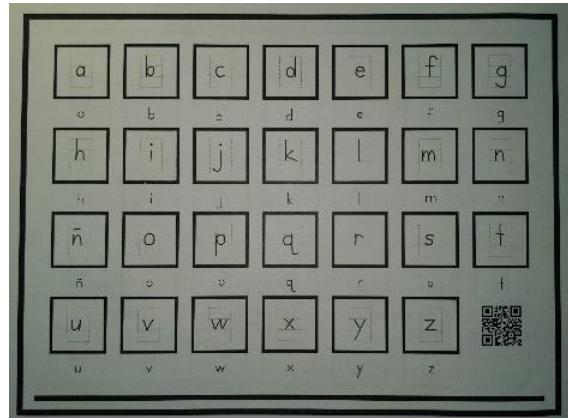
Dataset de Prueba Letra de Molde Mayúscula



Dataset de Prueba Letra de Molde minúscula



Dataset de Prueba Letra de Molde Mayúscula



Dataset de Prueba Letra de Molde minúscula

Resultados de evaluación de modelos de redes neuronales

A			
----- 1000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		2.4612	2.8774
----- 5000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0	0.0005
----- 10000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.4434	1.0617
B			
----- 1000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		10.5545	10.5523
----- 5000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0	0.0
----- 10000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		21.4231	21.4494
C			
----- 1000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0404	1.4179
----- 5000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0031	5.4495
----- 10000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0504	2.0608
D			
----- 1000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		12.7997	12.812
----- 5000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		3.9246	3.961
----- 10000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		23.4191	23.5141
E			
----- 1000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		1.5179	4.371
----- 5000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0001	25.9433
----- 10000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		6.4532	17.5156
F			
----- 1000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0359	6.8579
----- 5000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0005	18.8478
----- 10000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		12.1127	21.2696
G			
----- 1000 -----			

Perfe		Humano		Ruido
0.0		6.4678		6.6655
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		2.3264		0.927
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		14.7829		18.7178
+++++ H +++++-----				
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		13.8102		13.8647
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		3.9394		4.0187
----- 10000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		19.5475		19.4243
+++++ I +++++-----				
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0002		8.1723
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		0.9791
----- 10000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0517		17.0138
+++++ J +++++-----				
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.2957		0.2967
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		3.1354		3.2084
----- 10000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		26.167		26.1168
+++++ K +++++-----				
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		3.1158		3.1601
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		0.0
----- 10000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0286		0.0297
+++++ L +++++-----				
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		8.5476
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		7.0962
----- 10000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.5082		11.0419
+++++ M +++++-----				
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0006		0.0006
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		0.0
----- 10000 -----				

Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		0.0
N				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.064		0.062
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		21.6285		16.8364
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		20.4688		19.6435
N				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		9.0737		9.0826
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0071		0.0075
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		54.6746		54.7715
O				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.082		2.2215
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.023		6.1573
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		8.9234		16.6852
P				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		1.6787		3.5192
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		5.8563
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		16.193		24.7852
Q				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		3.3891		3.3864
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		3.021		3.1101
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.002		0.0019
R				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.6919		0.2905
----- 1000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.0		0.0
----- 5000 -----				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		0.1275		8.3678
S				
Perfe		Humano		Ruido
0.0		2.9991		2.983

Z			
----- 1000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.001	0.0342
----- 5000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0	0.7808
----- 10000 -----			
Perfe		Humano	Ruido
0.0		0.0	10.3611

Cronograma de Actividades

Nombre del Alumno: Díaz Matus Ricardo

TT No.:2023- B048

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

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	1ra Iteración	2da Iteración		3ra Iteración		4ta Iteración			5ta Iteración	6ta Iteración	7ma Iteración	
Integración de la Planeación del Trabajo Terminal												
Elaboración del Marco Teórico												
Indagación de Técnicas de Inteligencia Artificial												
Planeación del Estado del Arte												
1ra Consulta con profesorado del colegio												
Indagación del Metodología Tradicional Iterativo Incremental												
Análisis y descripción de base de datos												
Análisis de Riesgos												
Adquisición de datos para el entrenamiento												
Retroalimentación												
Evaluación TT1												
Implementación de la Inteligencia Artificial												
Pruebas unitarias de la inteligencia artificial												
Pruebas del Servidor												
Depuración del código fuente												
Pruebas con Alumnos de Primaria												
Manual de Usuario												
Documentación Técnica del Sistema												
Retroalimentación												
Evaluación TT2												

Nombre del Alumno: González Morelos César Emiliano

TT No.:2023- B048

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

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	1ra Iteración	2da Iteración		3ra Iteración			4ta Iteración		5ta Iteración	6ta Iteración	7ma Iteración	
Integración de la Planeación del Trabajo Terminal												
Elaboración del Marco Teórico												
Indagación de Técnicas de Inteligencia Artificial												
Planeación del Estado del Arte												
1ra Consulta con profesorado del colegio		■										
Indagación del Metodología Tradicional Iterativo Incremental			■									
Análisis del patrón Arquitectónico "MVC"				■								
Análisis de Requisitos Funcionales y NO Funcionales				■	■							
Diagrama de Estados					■							
Retroalimentación												
Evaluación TT1						■						
Implementación de la Página Web									■			
Pruebas unitarias de la página web										■		
Pruebas de la inteligencia artificial										■		
Depuración del código fuente											■	
Pruebas con Alumnos de Primaria											■	
Manual de Usuario												■
Documentación Técnica del Sistema												■
Retroalimentación												
Evaluación TT2												■

Nombre del Alumno: López Gracia Angel Emmanuel

TT No.:2023- B048

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

Actividad	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	1ra Iteración	2da Iteración		3ra Iteración			4ta Iteración		5ta Iteración	6ta Iteración	7ma Iteración	
Integración de la Planeación del Trabajo Terminal												
Elaboración del Marco Teórico												
Indagación de Técnicas de Inteligencia Artificial												
Planeación del Estado del Arte												
1ra Consulta con profesorado del colegio		■										
Indagación del Metodología Tradicional Iterativo Incremental			■									
Análisis de la técnica de inteligencia artificial				■								
Diseño de Diagramas UML				■	■							
Diagrama de Actividades					■							
Retroalimentación												
Evaluación TT1						■						
Implementación del Servidor									■			
Pruebas unitarias del servidor										■		
Pruebas de la Página Web										■	■	
Depuración del código fuente											■	
Pruebas con Alumnos de Primaria											■	
Manual de Usuario												■
Documentación Técnica del Sistema												■
Retroalimentación												
Evaluación TT2												■