EDUCACIÓN

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Zacatecas

Tesis de Maestría

APLICACIÓN MÓVIL PARA LA DETECCIÓN DE DEPRESIÓN POST PARTO EN EL ESTADO DE ZACATECAS MEDIANTE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING

Presentada por
Álvaro Moisés Díaz Díaz

como requisito para obtención del grado de
Maestro en Sistemas Computacionales

Director de tesis
Dr. Jaime Iván López Veyna

Codirector de tesis
MSC. Mariana Ortiz García

Zacatecas, Zacatecas, México, Agosto de 2025

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Zacatecas

Fecha: 26-09-2025

C. Integrantes del Jurado

Presidente	**Dr. Jaime Iván López Veyna**	13776354
Secretario	**MSC Mariana Ortíz García**	9430551
Vocal	**MCPEDR Carlos Bermejo Sabbagh**	7096055
Vocal Suplente	**M.S.C. Andrés Salas Núñez**	9430560

Por este medio le informo que el Acto para la Obtención de Grado del (la) C. **ALVARO MOISES DIAZ DIAZ con No. de control M18450920** egresado(a) del Instituto Tecnológico de Zacatecas, de la Maestría en Sistemas Computacionales. Se realizará por la opción **I(Tesis) el Día 10 de Octubre del 2025 a las 10:00 hrs.** en Aula B5 Posgrado de este instituto. Por lo que se le pide su puntual asistencia.

Atentamente

S.E.P SEIT

MA Ma. de Lourdes Balderas Castañeda

Jefa de División de Estudios de Posgrado e Investigación

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATECAS
División de Estudios de Posgrado e Investigación

c.c.p. Archivo
c.c.p. Candidato
c.c.p. Departamendo académico
c.c.p. Departamento de Servicios Escolares

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATECAS

No.007

ACTA DE EXAMEN DE GRADO DE MAESTRÍA

En la ciudad de Zacatecas, Zacatecas a los 10 días del mes de Octubre de 2025 siendo las 10:00 horas., se reunieron en el aula B5 de Posgrado del Instituto Tecnológico de Zacatecas, clave 32DIT0001T, el jurado integrado por:

Presidente(a): DR. JAIME IVÁN LÓPEZ VEYNA

Secretario(a): MSC. MARIANA ORTIZ GARCÍA

Vocal: MSC. ANDRÉS SALAS NÚÑEZ

Y de acuerdo con las disposiciones reglamentarias en vigor, se procedió a efectuar el examen de Grado de Maestría a el (la) C. ALVARO MOISÉS DÍAZ DÍAZ número de control M18450920 aspirante al Grado de Maestro en Sistemas Computacionales.

Tomando en cuenta el contenido de la tesis cuyo título es: Aplicación Móvil para la detección de Depresión Post-Parto en el Estado de Zacatecas mediante técnicas de Machine Learning,

que fue dirigida por DR. JAIME IVÁN LÓPEZ VEYNA una vez concluido el examen oral, dictaminó que fuera APROBADO.

El (la) Presidente (a) del jurado le hizo saber a el (la) sustentante el resultado obtenido, el Código de Ética Profesional y le tomó la Protesta de Ley. Dándose por terminado el Acto a las 13:00 horas, y una vez escrita, leída y aprobada, fue firmada para constancia por las personas que en acto intervinieron, para los efectos legales a que haya lugar se asienta la presente.

PRESIDENTE (A)

DR. JAIME IVÁN LÓPEZ VEYNA

Cédula de Grado.: 13776345

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE ASUNTOS ESCOLARES Y APOYO A ESTUDIANTES

SECRETARIO (A)

MSC. MARIANA ORTIZ GARCÍA

Cédula de Grado: 9430551

VOCAL

MSC. ANDRÉS SALAS NÚÑEZ

Cédula de Grado.: 9430560

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Zacatecas

Tesis de Maestría

APLICACIÓN MÓVIL PARA LA DETECCIÓN DE DEPRESIÓN POST PARTO EN EL ESTADO DE ZACATECAS MEDIANTE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING

Presentada por

Álvaro Moisés Díaz Díaz

como requisito para obtención del grado de

Maestro en Sistemas Computacionales

Director de tesis

Dr. Jaime Iván López Veyna

Codirector de tesis

MSC. Mariana Ortiz García

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATECAS

Zacatecas, Zacatecas, México febrero 2025

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Zacatecas

Dependencia: III
Sección: III-9
Expediente: CI/División de Estudios de Posgrado e Investigación
No. De Oficio: 0176

Zacatecas, Zac., 20 de junio de 2025

Asunto: Autorización de impresión

C. Álvaro Moisés Díaz Díaz
Egresado de la Maestría en Sistemas Computacionales
Presente

Por este conducto me permito comunicar a usted, que tiene autorización para llevar a cabo la impresión de su Trabajo Profesional denominado:

"APLICACIÓN MÓVIL PARA LA DETECCIÓN DE DEPRESIÓN POST PARTO EN EL ESTADO DE ZACATECAS MEDIANTE TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING"

Que de acuerdo con la opción I (**TESIS**) presenta para poder obtener el grado de **MAESTRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

Se le informa que deberá entregar a este departamento 2 (dos) copias impresas y 5 (cinco) digitalizadas de su trabajo profesional, si contiene fotografías deberán de ser a color y en original. Así mismo integrar toda la información digitalizada, ordenada y completa.

A T E N T A M E N T E
"Ciencia y Tecnología Binomio De Progreso Universal"

Ma. De Lourdes Balderas Castañeda
Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATECAS

DIRECCIÓN

Vo.Bo.
Roberto Ortiz Delgadillo
Director

2025 Año de La Mujer Indígena

Ctra. Panamericana entronque a Guadalajara s/n; C.P. 98000; Zacatecas, Zac. Tel. (492) 924 7678; (492) 924 5366
e-mail: dir zacatecas@tecnm.mx www.zacatecas.tecnm.mx

100% LIBRE DE PLÁSTICO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, Jaime Iván López Veyna, por su guía, paciencia y apoyo a lo largo de este proceso. Su experiencia y dedicación han sido fundamentales para la culminación de este trabajo. Sin su orientación, apoyo y consejos, este proyecto no habría sido posible.

Agradezco profundamente a mi familia, especialmente a mi esposa, por su constante apoyo emocional y motivación durante todos estos años de estudio. Su amor incondicional y comprensión han sido mi mayor fortaleza en los momentos más desafiantes.

Un agradecimiento especial a los profesores y profesionales que, de una u otra forma, contribuyeron con sus conocimientos y feedback a la realización de esta investigación. Sus aportes han sido clave para el desarrollo y enriquecimiento de este trabajo.

Este trabajo no solo representa un logro académico, sino también el esfuerzo colectivo de todas las personas que han estado a mi lado. A todos ellos, mi eterno agradecimiento.

RESUMEN

El embarazo y el parto son eventos transitorios llenos de alegría y felicidad para la mujer, sin embargo, existen efectos que repercuten de manera importante en el bienestar físico y mental de la madre, lo que puede desencadenar en depresión posparto, que de no ser tratada a tiempo puede representar un peligro para la madre. Las mujeres con Depresión Posparto pueden presentar sentimientos de ansiedad, tristeza y agotamiento, lo que le puede dificultar la realización de sus diarias para el cuidado personal, así como de otras personas y particularmente de sus hijos, que son los más susceptibles en estos casos de desarrollar problemas de salud física. Actualmente, la depresión posparto es un trastorno silencioso, de difícil detección por parte de la madre que la padece, y no existen herramientas tecnológicas para su adecuado diagnóstico

En este proyecto de investigación, se propone un modelo de clasificación de la DPP utilizando técnicas de Machine Learning (ML), siguiendo un enfoque de aprendizaje supervisado. Este modelo permite la detección temprana de la DPP utilizando datos sociodemográficos y médicos a través de un conjunto de datos de 100 madres zacatecanas previamente clasificadas con el resultado del Test de Edimburgo. Además, utilizamos ocho algoritmos de ML como AdaBoostClassifier (ABC), Arboles Aleatorios (AA), Árboles de Decisión (AD), K-nearest Neighbors (KNN), Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), Naive Bayes (NB), Redes Neuronales Artificiales (RN) y regresión Logística (RL). Este modelo se implementó en una aplicación móvil que permite la clasificación de la depresión posparto según la escala de Edimburgo con tres niveles: Leve, Moderada o grave. Y, con base en esa clasificación, ofrecer alternativas de tratamiento. Aunque podemos encontrar otras aplicaciones en distintos países con el mismo propósito, esta aplicación es la única en su tipo para México y específicamente para Zacatecas, además, que es la única que combina técnicas de Machine Learning con la Escala de Edimburgo para la Depresión posparto

Esta aplicación, permite hacer un seguimiento personalizado de los diferentes momentos en los que la madre ha utilizado la herramienta para contestar el cuestionario y así poder evaluar su evolución. Asimismo, permitirá generar estadísticas sobre el padecimiento de este trastorno en el estado de Zacatecas al almacenar los datos de la encuesta, lo que beneficiará en la retroalimentación del modelo y permitirá aumentar su precisión.

Nuestros resultados muestran que el modelo de ML propuesto basado en el algoritmo ABC puede superar a otros clasificadores produciendo una exactitud de 75%, un 90% de precisión, un 86% de recuperación, un 78% de puntuación F1 y un 74% para el AUC, lo que ilustra fuertes capacidades predictivas para predecir la depresión posparto correctamente y con resultados muy similares a los reportados por otras investigaciones. Así mismo, los datos mostrados y el uso de la aplicación muestran que con esta solución podemos concluir que se comprueba la Hipótesis H1 la cual establece que “Es posible identificar y clasificar la Depresión Postparto utilizando técnicas de Machine Learning”, ya que con nuestra aplicación, aplicada a la prueba piloto con madres en etapa postparto fue posible clasificar y prevenir este tipo de trastorno.

Para evaluar la aplicación, se utilizó la escala de usabilidad SUS en la cual podemos observar que el 60% de las madres reportó una usabilidad Alta en la satisfacción de la aplicación. Además, se aplico el Cuestionario de Satisfacción del cliente, en el cual podemos observar que el 65% de las madres reportaron altos niveles de satisfacción como respuesta el Cuestionario de Satisfacción del cliente CSQ-8. Ambos resultados nos indican que la aplicación fue bien recibida, tiene un buen diseño funcional, las usuarias en un alto porcentaje se sienten satisfechas, además de que, cumple con el propósito de la Detección de la Depresión Postparto.

ABSTRACT

Pregnancy and childbirth are transitory events full of joy and happiness for women, however there are effects that have a significant impact on the mother's physical and mental well-being, which can trigger postpartum depression, which if not treated in time It can represent a danger for the mother. Women with postpartum depression may experience feelings of anxiety, sadness and exhaustion, which can make it difficult for them to carry out their daily tasks of caring for themselves, as well as for other people and particularly for their children, who are the most susceptible in these cases to developing physical health problems. Currently, postpartum depression is a silent disorder, difficult to detect by the mother who suffers from it, and there are no technological tools for its proper diagnosis.

In this research project, a PPD classification model is proposed using Machine Learning (ML) techniques, following a supervised learning approach. This model allows the early detection of PPD using sociodemographic and medical data through a data set of 100 Zacatecan mothers previously classified with the result of the Edinburgh Test. In addition, we use eight ML algorithms such as AdaBoost Classifier (ABC), Random Forests (RF), Decision Trees (DT), K-nearest Neighbors (KNN), Support Vector Machines (SVM), Naive Bayes (NB), Artificial Neural Networks (ANN) and Logistic Regression (LR). This model was implemented in a mobile application that allows the classification of postpartum depression according to the Edinburgh scale with three levels: Mild, Moderate, or Severe. And, based on that classification, offer treatment alternatives. Although we can find other applications in different countries with the same purpose, this application is the only one of its kind for Mexico and specifically for Zacatecas, in addition, it is the only one that combines Machine Learning techniques with the Edinburgh Scale for Postpartum Depression.

This application allows for personalized monitoring of the different moments in which the mother has used the tool to answer the questionnaire and thus be able to evaluate her progress. Likewise, it will allow generating statistics on the suffering of this disorder in the state of Zacatecas by storing the survey data, which will benefit the feedback of the model and will allow increasing its precision. Our results show that the proposed ML model based on the ABC algorithm can outperform other classifiers producing an accuracy of 75%, a precision of 90%, a recall of 86%, a F1 score of 78%, and 74% for the AUC, illustrating strong predictive capabilities to predict postpartum depression correctly and with results very similar to those reported by another research. Likewise, the data shown and the use of the application show that with this solution we can conclude that Hypothesis H1 is confirmed, which states that "It is possible to identify and classify Postpartum Depression using Machine Learning techniques", since with our application, applied to the pilot test with mothers in the postpartum stage, it was possible to classify and prevent this type of disorder.

To evaluate the application, the SUS usability scale was used in which we can observe that 60% of the mothers reported high usability in the satisfaction of the application. In addition, the Customer Satisfaction Questionnaire was applied, in which we can observe that 65% of the mothers reported high levels of satisfaction in response to the Customer Satisfaction Questionnaire CSQ-8. Both results indicate that the application was well received, it has a good functional design, a high percentage of users feel satisfied, and it also fulfills the purpose of Postpartum Depression Detection.

Índice

OFICIO DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN ..... **¡Error! Marcador no definido.**

AGRADECIMIENTOS i

RESUMEN ii

ABSTRACT iv

Índice vi

Índice de Imágenes x

Índice de Gráficas xiii

Índice de Tablas xiv

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1 Descripción del Problema 2

1.2 Preguntas de Investigación 5

1.3 Objetivos 5

1.3.1 Objetivo General 5

1.3.2 Objetivos Específicos 5

1.4 Justificación 6

1.5 Alcances y Limitaciones 7

1.5.1 Alcances 7

1.5.2 Limitaciones 7

1.6 Hipótesis 7

1.7 Contribuciones 8

1.8 Organización del documento 9

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 10

2.1 Machine Learning 10

2.2 Aprendizaje Supervisado 10

2.3 Aprendizaje No supervisado 10

2.4. Modelo de ML 11

2.5 Aplicación Móvil 11

2.6 BackEnd 11

2.7 FrontEnd 11

2.8 Framework 12

2.9 Python 12

2.10 Django 12

2.11 Django Rest Framework 12

2.11 JSON 13

2.12 PostgreSQL 13

2.13 .Net Maui 13

2.14 AWS 13

2.15 Cloudflare 14

CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE 15

3.1 Trabajos relacionados 15

3.2 Análisis comparativo 22

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA 25

4.1 Metodología Propuesta 25

4.2 Fase 1. Crear un modelo basado en el Aprendizaje supervisado para clasificar la Depresión posparto 26

4.2.1 Etapa 1. Preprocesar y preparar el dataset para la Clasificación de la DPP 26

4.2.2 Etapa 2. Identificar y evaluar el algoritmo de Aprendizaje supervisado que generé la más alta exactitud en el Clasificación de la Depresión posparto 26

4.2.3 Etapa 3. Evaluar el desempeño del modelo de ML en la Clasificación de la DPP 27

4.3 Fase 2. Crear una aplicación móvil multiplataforma que permita la predicción y detección de la Depresión Posparto 28

4.3.1 Etapa 1. Crear una aplicación móvil multiplataforma para la clasificación de la Depresión Postparto usando el modelo previamente creado en la Primera Etapa 28

4.3.2 Etapa 2. Probar la eficacia de la aplicación con una muestra de mujeres que se encuentren en periodo Postparto, en los hospitales de la Ciudad de Zacatecas. 30

CAPÍTULO 5. RESULTADOS 31

5.1 Creación de un modelo basado en el aprendizaje supervisado para clasificar la depresión postparto 31

5.1.1 Etapa 1. Preprocesar y preparar el dataset para la Clasificación de la DPP 31

5.1.2 Etapa 2. Identificar y evaluar el algoritmo de Aprendizaje supervisado que generé la más alta exactitud en el Clasificación de la Depresión posparto 37

5.1.3 Etapa 3. Evaluar el desempeño del modelo de ML en la Clasificación de la DPP 38

5.2 Fase 2. Crear una aplicación móvil multiplataforma que permita la predicción y detección de la Depresión Posparto. 69

5.2.1 Etapa 1. Crear una aplicación móvil multiplataforma para la clasificación de la Depresión Postparto usando el modelo previamente creado en la Primera Etapa 69

5.2.2 Etapa 2. Probar la eficacia de la aplicación con una muestra de mujeres que se encuentren en periodo Postparto, en los hospitales de la Ciudad de Zacatecas..... 127

5.3 Discusión. 131

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 134

6.1 Conclusiones 134

6.2 Trabajo futuro 135

BIBLIOGRAFÍA..... 136

ANEXOS..... 144

Anexo 1. Aviso de privacidad 144

Anexo 2. Formulario de Cuestionario de Satisfacción del Cliente y Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) 148

Índice de Imágenes

Imagen 1. Etapas del Desarrollo de la Aplicación 29

Imagen 2. Proceso de Aprendizaje Automático 31

Imagen 3 Diagrama de Casos de Uso de la App. 76

Imagen 4. Diagrama de secuencia de la App 77

Imagen 5. Diagrama Entidad Relación 91

Imagen 6. Mockup para la historia de usuario HU1_Registro 93

Imagen 7. Mockup para la historia de usuario HU2_Inicio de sesión 93

Imagen 8. Mockup para la historia de usuario HU3_¿Olvidaste tu contraseña? 94

Imagen 9. Mockup para la historia de usuario HU4_Cuestionario 94

Imagen 10. Mockup para la historia de usuario HU5_Inicio 95

Imagen 11. Mockup para la historia de usuario HU6_Salud Mental 95

Imagen 12. Mockup para la historia de usuario HU7_¿Estas embarazada? 96

Imagen 13. Mockup para la historia de usuario HU8_¿Ya eres mamá? 96

Imagen 14. Mockup para la historia de usuario HU9_Mis datos 97

Imagen 15. Mockup para la historia de usuario HU10_Ver resumen 97

Imagen 16. Mockup para la historia de usuario HU11_Ver más 98

Imagen 17. Mockup para la historia de usuario HU12_Consulta Psicológica 98

Imagen 18. Mockup para la historia de usuario HU13_Asistencia Médica 99

Imagen 19. Mockup para la historia de usuario HU14_Especialistas 99

Imagen 20. Mockup para la historia de usuario HU15_Detalles del especialista 100

Imagen 21. Mockup para la historia de usuario HU16_Realizar test 100

Imagen 22. Aviso de campos obligatorios 100

Imagen 23. Registro exitoso 100

Imagen 24. Resultado de la evaluación 101

Imagen 25. Mockup para la historia de usuario HU17_Configuración 101

Imagen 26. Mockup para la historia de usuario HU18_Preguntas frecuentes 102

Imagen 27. Mockup para la historia de usuario HU19_Aviso de privacidad 102

Imagen 28. Mockup para la historia de usuario HU20_Contactanos 103

Imagen 29. Mockup para la historia de usuario HU21_Cerrar sesión 103

Imagen 30. Arquitectura de los servicios implementados 104

Imagen 31. Ejemplo de código del WS para datos sociodemográficos 106

Imagen 32. Ejemplo de código del WS para Edimburgo 107

Imagen 33. Ejemplo de código del WS para Registro 108

Imagen 34. Código fuente de la vista del Cuestionario de Edimburgo 109

Imagen 35. Código fuente de la vista de Datos Sociodemográficos 110

Imagen 36. Código fuente de la vista de Registro de Usuarios 111

Imagen 37. Pantalla de Inicio de Sesión 112

Imagen 38. Pantalla para recuperar la contraseña 112

Imagen 39. Pantalla de Registro de usuarios 113

Imagen 40. Pantalla principal de la aplicación 113

Imagen 41. Pantalla de Salud Mental 114

Imagen 42. Pantalla ¿Estás embarazada? 114

Imagen 43. Pantalla Mis Datos 115

Imagen 44. Pantalla Ver más 115

Imagen 45. Pantalla Ver Resumen 116

Imagen 46. Pantalla Actividades y Especialistas 116

Imagen 47. Pantalla Especialistas 117

Imagen 48. Pantalla Detalles de la actividad Consulta Psicológica 117

Imagen 49. Pantalla Detalles de la actividad Asistencia Médica 118

Imagen 50. Pantalla Detalles Especialista 118

Imagen 51. Pantalla Realizar Test 119

Imagen 52. Aviso de campos obligatorios 119

Imagen 53. Aviso de Éxito 119

Imagen 54. Pantalla de Config 119

Imagen 55. Pantalla Preguntas Frecuentes 120

Imagen 56. Pantalla ¿Qué es la Depresión Postparto? 120

Imagen 57. Pantalla Aviso de Privacidad 121

Imagen 58. Pantalla Contáctanos 121

Imagen 59. Configuración de la cuenta de desarrollador 123

Imagen 60. Proceso de configuración de la app y creación de la ficha en Play Store . 123

Imagen 61. Verificadores en Play Store 124

Imagen 62. Solicitud de acceso a producción 124

Imagen 63. Configuración de pruebas cerradas en Google Play 125

Imagen 64. Solicitud de aviso de privacidad ante Inai 125

Imagen 65. Página web saludenposparto.org 126

Índice de Gráficas

Gráfica 1. ROC AUC para Ada Boost Classifier 43

Gráfica 2. curva de precisión-recall para Ada Boost Classifier. 44

Gráfica 3. Curva ROC-AUC para Bosques Aleatorios 46

Gráfica 4. Curva de Precisión-Recall para Bosques Aleatorios 47

Gráfica 5 Curva ROC-AUC para Árboles de Decisión 50

Gráfica 6 Curva de Precisión-Recall para Árboles de Decisión 50

Gráfica 7 Curva ROC-AUC para KNN 53

Gráfica 8 Curva de Precisión-Recall para KNN 54

Gráfica 9 Curva ROC-AUC para MSV 56

Gráfica 10 Curva de Precisión-Recall para MSV 57

Gráfica 11 Curva ROC-AUC para Naive Bayes 59

Gráfica 12 Curva de Precisión-Recall para Naive Bayes 60

Gráfica 13 Curva ROC-AUC para Redes Neuronales 63

Gráfica 14 Curva de Precisión-Recall para Redes Neuronales 63

Gráfica 15 Curva ROC-AUC para Regresión Logística 66

Gráfica 16 Curva de Precisión-Recall para Regresión Logística 67

Gráfica 17 Comparación del rendimiento de varios algortitmos de ML 68

Gráfica 18 Resultados de la Escala de Usabilidad SUS 129

Gráfica 19 Resultados del Cuestionario de Satisfacción del Cliente 131

Índice de Tablas

Tabla 1. Análisis comparativo con otras investigaciones..... 23

Tabla 2. Análisis comparativo de Apps móviles y web para la DPP..... 24

Tabla 3. Características de las variables sociodemográficas..... 33

Tabla 4. Características descriptivas de las variables clínicas..... 34

Tabla 5. Matriz de confusión..... 38

Tabla 6 Matriz de confusión Ada Boost Classifier..... 41

Tabla 7. Matriz de Confusión para Bosques Aleatorios..... 45

Tabla 8 Matriz de Confusión para Árboles de Decisión..... 48

Tabla 9 Matriz de Confusión para KNN..... 52

Tabla 10 Matriz de Confusión para MSV..... 55

Tabla 11 Matriz de Confusión para Naive Bayes..... 58

Tabla 12 Matriz de Confusión para Redes Neuronales..... 61

Tabla 13 Matriz de Confusión para Regresión Logística..... 65

Tabla 14. Rendimiento de las métricas de ML con diferentes algoritmos..... 68

Tabla 15. Requisitos funcionales de la aplicación..... 73

Tabla 16. Requisitos no funcionales de la aplicación..... 74

Tabla 17. Listado de historias de usuario para el rol Usuario..... 77

Tabla 18. Historia de usuario HU1_Registro..... 78

Tabla 19. Historia de usuario HU2_Inicio de sesión..... 79

Tabla 20. Historia de usuario HU3_¿Olvidaste tu contraseña?..... 79

Tabla 21. Historia de usuario HU4_Cuestionario..... 79

Tabla 22. Historia de usuario HU5_Inicio..... 80

Tabla 23. Historia de usuario HU6_Salud Mental 80

Tabla 24. Historia de usuario HU7_¿Estas embarazada? 80

Tabla 25. Historia de usuario HU8_¿Ya eres mamá? 81

Tabla 26. Historia de usuario HU9_Mis datos 81

Tabla 27. Historia de usuario HU10_Ver resumen 81

Tabla 28. Historia de usuario HU11_Ver más 82

Tabla 29. Historia de usuario HU12_Danza con bebé 82

Tabla 30. Historia de usuario HU13_Dia de campo familiar 82

Tabla 31. Historia de usuario HU14_Especialistas 83

Tabla 32. Historia de usuario : HU15_Especialistas detalles 83

Tabla 33. Historia de usuario HU16_Realizar test. 83

Tabla 34. Historia de usuario HU17_Configuración 84

Tabla 35. Historia de usuario HU18_Preguntas frecuentes 84

Tabla 36. Historia de usuario HU19_Aviso de privacidad 84

Tabla 37. Historia de usuario HU20_Contactanos 85

Tabla 38. Historia de usuario HU21_Cerrar sesión 85

Tabla 39. Listado de Historias de Usuario para el rol Administrador 85

Tabla 40. Historia de usuario HUA1_Registro para el rol administrador 86

Tabla 41. Historia de usuario HUA2_Inicio de sesión para el rol administrador 86

Tabla 42. Historia de usuario HUA3_¿Olvidaste tu contraseña? para el rol administrador 87

Tabla 43. Historia de usuario HUA4_Restablecer contraseña para el rol administrador 87

Tabla 44. Historia de usuario HUA_5Aprobar Cuenta para el rol administrador 88

Tabla 45. Historia de usuario HUA6_Cerrar sesión para el rol administrador 88

Tabla 46. Historias de usuario de requisitos no funcionales..... 88

Tabla 47. Historia de usuario HURNF1_Compatibilidad RNF 89

Tabla 48. Historia de usuario HURNF2_Usabilidad RNF 89

Tabla 49. Historia de usuario HURNF3_Portabilidad RNF 90

Tabla 50. Historia de usuario HURNF4_Seguridad RNF..... 90

Tabla 51. Listado y estructura de las API's..... 105

Tabla 52. Herramientas de desarrollo seleccionadas..... 127

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud, la depresión afecta a más de 300 millones de personas en el mundo [1]. Para el 2030 será la segunda causa de disminución de años de vida saludable a nivel mundial y la primera en los países desarrollados. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud Mental de 2018, el 18% de la población urbana en edad productiva (15-64 años) padece algún trastorno del estado de ánimo como ansiedad, depresión o fobia [2]. Según el DSM-IV, la depresión perinatal o depresión posparto es similar a un episodio de depresión mayor [3]. En México se observa que entre el 12 y el 14 % de las mujeres embarazadas tienen depresión [4]. La depresión posparto es un trastorno que afecta el estado físico y mental de la madre. Las mujeres con Depresión Posparto (DPP) tienen sentimientos de tristeza, ansiedad y cansancio, lo que les dificulta realizar las actividades diarias de cuidado de sí mismas, de otras personas. Este trastorno es un trastorno silencioso, difícil de detectar por la madre que lo padece. Una madre que ha sufrido depresión postparto tiene entre un 10% y un 50% más de riesgo de volver a sufrir este trastorno durante un nuevo embarazo [5].

En México, en el estudio realizada por la Dra. Filipa de Castro denominado “Sintomatología depresiva materna en México: prevalencia nacional, atención y perfiles de riesgo poblacional” [6], informó que, la distribución de la Depresión Posparto entre los estados de la república: Guerrero, Distrito Federal (CDMX), e Hidalgo tienen una incidencia menor al 15%. Mientras que, en otros estados al igual que Zacatecas es del 20%. Además, Méndez-Cerezo en [7] reporta que en México existe una incidencia de 13% de DPP, y este porcentaje se incrementa hasta 22.5% en la cuarta semana del puerperio.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del Problema

El problema de la Depresión Postparto ha sido abordado desde la perspectiva de la psicología utilizando la Escala de Depresión Postnatal de Edimburgo (EPDS), propuesta en 1987 por J.L. Cox [8]. EPDS es el cuestionario más utilizado para PPD (10). Es un cuestionario de autoinforme de 10 elementos en el que se pide a las mujeres que califiquen cómo se han sentido en los 7 días anteriores. Cada pregunta se puntúa de 0 a 3 (rango resultante de 0 a 30) y se tarda unos 5 minutos en completarla. Los EDPS son los puntos de corte ampliamente aceptados para indicar una depresión "posible" y "probable", respectivamente.

Actualmente, la Depresión Posparto es un trastorno silencioso, difícil de detectar por la madre que lo padece, y muchas veces no es diagnosticado. Además, no existen herramientas tecnológicas para su correcto diagnóstico. Gracias a los avances tecnológicos y al uso generalizado de las aplicaciones móviles, es importante ofrecer a las mujeres que sufren algún tipo de Depresión Posparto nuevas alternativas tecnológicas para la predicción y clasificación de este trastorno psicológico implementadas en una aplicación móvil.

De acuerdo con investigaciones previas, consideramos que es importante proponer un nuevo modelo de predicción y clasificación para la depresión posparto utilizando técnicas de aprendizaje automático, siguiendo un enfoque de aprendizaje supervisado. Este modelo se implementará en una aplicación móvil multiplataforma que permita la clasificación de este trastorno Psicológico utilizando la Escala de Depresión Postparto de Edimburgo con sus criterios previamente establecidos. La aplicación móvil puede clasificar el nivel de

depresión en tres niveles: Leve, Moderado o Severo. Y en base a esa clasificación ofrecer alternativas de tratamiento.

Actualmente Zacatecas es uno de los estados donde se desarrollan proyectos de innovación y donde la tecnología es cada vez más accesible para los ciudadanos como lo es en el sector educativo, el sector industrial, etc. Por ello la era digital en la que nos encontramos resulta necesario contar con nuevas alternativas de Sistemas de Información, que genere beneficios como:

- Optimización de tiempos en las empresas o industrias
- Mejorar el aprendizaje educativo mediante métodos especializados de enseñanza
- Detectar, predecir y dar soluciones a enfermedades en el sector salud
- Proporcionar el acceso a la información relacionada, así como los servicios

En el año 2017 se reportaron 102.97 casos nuevos de enfermedades sobre trastornos mentales por cada 100 mil habitantes de los cuales 154.63 tiene incidencia con depresión en mujeres [9]. La depresión abarca los episodios depresivos moderado, grave sin síntomas psicóticos y no especificado [10].

Según la Dra Filipa de Castro, investigadora del Centro de Investigación en Salud Poblacional (CISP) del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) en su estudio de "Sintomatología depresiva materna en México: prevalencia nacional, atención y perfiles poblacionales de riesgo", en el 2016 concluyó que en Zacatecas más del 20 % de mujeres postnatales padecen el trastorno de depresión postparto [6].

Zacatecas cuenta con 58 municipios y tiene una extensión territorial que representa 3.84% a nivel nacional. Su población es de 1 579 209 habitantes, el 1.3% del total del país de los cuales 808 841 son mujeres y 770 368 hombres,

con respecto a la natalidad y mortalidad se reportaron 101,970 nacimientos y 27,151 de fusiones entre el año 2015-2017[11].

Para esta investigación consideramos que nuestra población de estudio será de 370 mujeres de Zacatecas, Ciudad, de acuerdo a la siguiente información demográfica de Zacatecas, México. El Estado de Zacatecas tiene una población de 1,579,209 habitantes, de los cuales 808,841 son mujeres. En el municipio de Zacatecas existe una población de 129,011 habitantes, de los cuales 67,356 son mujeres [11]. De ese total de mujeres, el 14% de ellas presentaron algún nivel de Depresión Posparto [12], lo que equivale a 9.430 mujeres. Considerando este dato como el número de mujeres del total de la población de la ciudad de Zacatecas que presentan depresión posparto, es posible calcular el valor adecuado para la muestra significativa y válida utilizando la fórmula establecida por Medina en [13] como:

$$n = \frac{N\ \sigma^2\ \mathrm{Z}^2}{(N-1)\ \mathrm{e}^2\ + \sigma^2\ \mathrm{Z}^2}$$

Y considerando los valores como datos:

- N = 9,340
- σ = 0.5
- e = 0.5
- Z = 1.96, con un valor de confianza del 95%.

Se puede determinar que el valor adecuado, representativo y válido de mujeres que presentan Depresión Posparto es de 370. Este número de mujeres se tomará como valor base para establecer las pruebas del clasificador y la aplicación móvil.

Es importante mencionar que la información allí obtenida tendrá carácter confidencial, y será tratada de conformidad con lo dispuesto en la Ley: “Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados del Estado

de Zacatecas" [14] y la Ley Federal: "Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares" [15].

1.2 Preguntas de Investigación

Las preguntas de investigación para este trabajo son las siguientes:

- ¿Existe la posibilidad de detectar la depresión postparto utilizando los datos sociodemográficos de una madre?
- ¿Se puede clasificar la depresión postparto mediante herramientas de Aprendizaje Máquina?
- ¿Cuáles son las consideraciones que diseño para el desarrollo de una aplicación que permita identificar y clasificar la depresión postparto?
- ¿Qué información podemos considerar para mejorar tanto la precisión, así como la eficiencia en la clasificación de la depresión postparto?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Crear una aplicación móvil que permita predecir el trastorno de depresión posparto, así como sugerir alternativas de tratamiento utilizando técnicas de aprendizaje automático para su detección y clasificación.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Crear un modelo basado en el aprendizaje supervisado para clasificar la depresión posparto
- Crear una aplicación móvil multiplataforma, que coadyuve en la detección de la depresión posparto

1.4 Justificación

Crear una herramienta automatizada e inteligente que nos ayude a predecir a tiempo el trastorno de depresión posparto, permitirá dar un seguimiento y estimar un tratamiento adecuado para la madre. Así mismo, esta aplicación otorgará acceso a comunidades del estado de Zacatecas con menor acceso a servicios de salud, especificamente en este tipo de trastornos. De la misma forma, muchas mujeres que padecen este trastorno no cuentan con un diagnóstico adecuado debido a la falta de recursos, el miedo a ser juzgadas o malinterpretadas por sus síntomás, esta aplicación, puede contribuir a la disminución de estas barreras al ofrecer una plataforma privada y discreta para autoevaluarse.

Además, actualmente y no solo en el estado de zacatecas, existen pocos registros y estadísticas acerca de este tipo de depresión ya que cada vez es más frecuente en mujeres que va de los inicios de su embarazo hasta dos años después del nacimiento del bebé, por ello esta aplicación será de gran utilidad ya que permitirá generar estadísticas y comportamientos, al mismo tiempo que ofrecerá a la madre un acceso a recursos y redes de apoyo para este trastorno. Dado lo anterior, esta investigación servirá de base para investigaciones futuras.

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances

El alcance de esta investigación establece desde identificación del algoritmo de predicción que mejor clasifique la depresión postparto, hasta la implementación de la aplicación para poder ser usado por cualquier mamá, dicha aplicación permitirá aportar tanto en el área tecnológica como la médica y servirá como base para trabajos que se puedan desarrollar en un futuro sobre la temática de depresión postparto.

1.5.2 Limitaciones

- La aceptación de la madre para brindarnos sus datos personales para llevar a cabo el estudio.
- Que los datos que estas nos proporcionen sean 100% verídicas.
- Un acceso limitado a la tecnología.
- Falta de compromiso por parte de las usuarias en su seguimiento

1.6 Hipótesis

Para este proyecto de investigación, se ha definido la siguiente hipótesis:

- H1. Es posible identificar y clasificar la depresión posparto utilizando técnicas de Machine Learning
- H0. No es posible identificar y clasificar la depresión posparto utilizando técnicas de Machine Learning

1.7 Contribuciones

El desarrollo de esta propuesta contribuirá con un nuevo enfoque para predecir y clasificar la depresión posparto, además, podría considerarse como una propuesta de investigación de vanguardia debido a que existen pocos proyectos de investigación que implementen una aplicación móvil junto con técnicas de aprendizaje automático con la tienen como objetivo identificar la depresión posparto.

También podemos considerar que actualmente las Técnicas de Aprendizaje Supervisado junto con la Inteligencia Artificial han explotado en popularidad en los últimos años y están generando nuevas propuestas de solución a problemas del mundo real que siempre fueron tratados de forma tradicional, demostrando que pueden ser una buena alternativa. de solución Actualmente, Machine Learning se utiliza para investigar cómo aprender a encontrar patrones y resultados para muchas de las preguntas que el mundo está explorando, en este caso, podría identificar la depresión posparto más rápido que el proceso tradicional. Asimismo, el modelo creado y utilizado junto con la aplicación móvil, se irá perfeccionando con el tiempo, con el uso de la aplicación por parte de madres con Depresión Posparto.

Por otro lado, el conjunto de datos creado con este proyecto de investigación podría ser un repositorio importante para la Secretaría de Salud del Estado de Zacatecas, ya que actualmente y no solo en el estado de Zacatecas,

existen pocos registros y estadísticas sobre este tipo de depresión. Con esta propuesta podemos generar estadísticas sobre la Depresión Posparto en tiempo real. Esta estadística podría ser analizada y tomada en cuenta para conocer el estado real de la Depresión Posparto en la Ciudad de Zacatecas, y en base a estos resultados proponer algunas estrategias desde esta Secretaría de Salud para disminuir la aparición de este trastorno.

1.8 Organización del documento

El presente documento está organizado de la siguiente manera:

El capítulo 2 describe el marco teórico necesario para esta investigación. En el capítulo 3 se presenta el estado del arte, así como un análisis comparativo con otras investigaciones. La metodología para el desarrollo de esta investigación se muestra en el capítulo 3. Las pruebas y resultados se muestran en el capítulo 5. Finalmente el capítulo 6, muestra las conclusiones, recomendaciones y los trabajos futuros para esta investigación.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

Con el avance que ha tenido la tecnología en los últimos diez años, nos ha proporcionado soluciones a diferentes problemas que enfrentamos los seres humanos, desde una aplicación agilizar trámites pagos, transferencias electrónicas, compras de supermercado online hasta aplicaciones más complejas, como aquellas basadas en inteligencia artificial para apoyar en el campo de la medicina, la agricultura, el sector industrial, etc. Lo anterior para cubrir con necesidades específicas que por su complejidad requiere ayuda tecnológica para su optimización.

2.1 Machine Learning

El aprendizaje automático (ML) se centra en el análisis de grandes cantidades de datos, a través de algoritmos que permiten generar soluciones que ayuden a comprender y predecir el comportamiento de los humanos.[16].

2.2 Aprendizaje Supervisado

El aprendizaje supervisado busca identificar patrones en los datos a través de un análisis detallado. Utiliza conjuntos de datos que ya están etiquetados y entrena algoritmos para clasificar la información o predecir resultados con exactitud. [16].

2.3 Aprendizaje No supervisado

En este tipo de aprendizaje se utilizan datos que sin etiquetas asignadas previamente, por lo que, no se asigna una "respuesta correcta". Este algoritmo debe ser capaz de descubrir la etiqueta a asignar. El aprendizaje no supervisado aprende de lo que analiza y muestra las relaciones y/o resultados obtenidos.[17].

2.4. Modelo de ML

Un modelo de Machine Learning es básicamente un archivo que guardas en tu computadora y que ha sido entrenado para identificar ciertos patrones. Lo que haces es darle un montón de datos y un algoritmo para que pueda aprender de ellos y sacar conclusiones. Una vez que el modelo está entrenado, puedes usarlo para analizar datos nuevos que nunca ha visto y hacer predicciones basadas en lo que aprendió. Es como enseñarle a alguien a reconocer algo y luego dejarlo que lo haga por su cuenta. [18] .

2.5 Aplicación Móvil

Una aplicación móvil es una programa de usuario diseñado para ejecutarse en teléfonos celulares, dispositivos móviles y tabletas [19].

2.6 BackEnd

El back end de la aplicación es la parte de código que esta atrás del front end, es decir, es la parte lógica y funcional de la aplicación web. En la interacción del usuario con el FrontEnd, se envía una solcitud en formato HTTP, la cual es procesada por el BackEnd para devolver una respuesta [20]. En otras palabras, es la parte lógica de un sitio que controla, aprueba y restringe la accesibilidad de los datos almacenados por los usuarios de un software.

2.7 FrontEnd

FrontEnd se utiliza para referenciar a la interfaz gráfica de usuario (GUI), es decir la parte visible de la aplicación con la cual interactuan los usuarios directamente, incluye el menú de navegación, formularios, botones, gráficos e imágenes con un diseño específico [20].

2.8 Framework

Un framework es como un kit de herramientas que los desarrolladores usan para hacer más fácil la creación de aplicaciones. Básicamente, es una estructura que sirve como punto de partida, ofreciendo una base sólida sobre la cual se puede construir el software. En lugar de empezar desde cero, el framework proporciona componentes y funcionalidades predefinidas que ahorran tiempo y esfuerzo, permitiéndote enfocarte en las partes únicas de un proyecto. [21].

2.9 Python

Se define como un lenguaje de programación de alto nivel, multiparadigma e interpretado, caracterizado por su facilidad de aprendizaje, de lectura y de escritura. Creado por Guido van Rossum a finales de los años 80, en el Centro de Matemáticas e Informática de los Países Bajos. Python tomó su nombre de la afición de Van Rossum por la comedia británica "Monty Python's Flying Circus" [22]

2.10 Django

Django es un framework para el desarrollo de aplicaciones web seguras y mantenibles de alto nivel. El equipo de desarrollo incluye programadores con gran experiencia. Este framework es el encargado de solucionar las complicaciones en el desarrollo, por lo que el usuario podrá concentrarse en la escritura de la aplicación web sin preocuparse por tareas alternativas. Es de código abierto, gratuito y con una gran documentación y una comunidad de desarrollo muy activa. Cuenta también con soporte de pago o gratuito [23] .

2.11 Django Rest Framework

El marco REST de Django está compuesto por un grupo de herramientas flexibles y potentes para la creación de API/Rest. La usabilidad es una de las características consideradas como una ventaja para los desarrolladores. Cuenta con directivas para la autenticación de usuarios como pueden ser las tecnologías

Oauth1a y Oauth2. Dentro de los origenes de datos incluídos para la serialización se encuentran ORM y no ORM. Es personalizable para el usuario desde el inicio hasta el final del desarrollo mediante el uso de vistas, las cuales están basadas en funciones en caso de requerir una funcionalidad básica. [24] .

2.11 JSON

JSON es un formato liviano que se usa para intercambiar datos entre sistemas. La ventaja de JSON es que es flexible y funciona con casi todos los lenguajes de programación. Básicamente, es un formato común que permite que la manipulación de grandes cantidades de datos de una manera más fácil [25].

2.12 PostgreSQL

PostgreSQL es un Sistema Gestor de Base de Datos Relacionales Orientado a Objetos (ORDBMS) que combina las características de las bases de datos relacionales tradicionales con la capacidad de manejar objetos y tipos de datos más complejos. Tiene sus raíces en POSTGRES, específicamente en la versión 4.2, que fue desarrollada en la Universidad de California, Berkeley. PostgreSQL es un proyecto de código abierto, lo que quiere decir que cualquiera puede usarlo, modificarlo y contribuir a su desarrollo. [26].

2.13 .Net Maui

.NET MAUI usa las tecnologías más recientes para crear aplicaciones nativas en Windows, macOS, iOS y Android, basado en .NET [27]. Además, permite el consumo de servicios API Rest creados previamente.

2.14 AWS

AWS o Amazon Web Services, permite desplegar una aplicación web y ponerla en línea para que todo el mundo pueda acceder a ella. En lugar de usar servidores físicos o infraestructura complicada, AWS ofrece las herramientas necesarias para realizar el despliege de una aplicación, gestionar el tráfico y que

funcione sin problemas. Básicamente, es la forma más fácil y rápida de desplegar una app al mundo sin complicaciones.[28] .

2.15 Cloudflare

Cloudflare es una plataforma enfocada en mejorar la seguridad de las aplicaciones y sitios web. Actúa como una capa de protección entre los usuarios y el servidor, bloqueando amenazas como ataques DDoS, bots maliciosos, inyecciones SQL y otros intentos de explotación de vulnerabilidades. Además, ofrece un firewall de aplicaciones web (WAF) que filtra el tráfico sospechoso y protege contra ataques comunes. También cifra el tráfico con SSL/TLS para asegurar las comunicaciones. En resumen, Cloudflare es una herramienta clave para proteger las aplicaciones de ciberamenazas y mantenerlas seguras.[29] .

CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE

3.1 Trabajos relacionados

EPDS se ha utilizado para la investigación en México y en varios países. Podemos mencionar que en esta sección de nuestra investigación solo citamos algunos proyectos de investigación sobre la depresión posparto desde el enfoque psicológico, ya que nuestro principal interés de investigación es enfocarnos en el proyecto de investigación relacionado con el aprendizaje automático o el enfoque informático para identificar la depresión posparto.

Desde el enfoque psicológico podemos mencionar a Parga-Anaya y Sánchez [30], quien aplicó la Escala de Edimburgo a 100 mujeres con la finalidad de identificar si existe una relación entre el parto por cesárea y la depresión posparto. Esta investigación se realizó en el Estado de Zacatecas, México. Los resultados arrojaron que no se detecta una relación con la cesárea y la depresión posparto, sin embargo encontraron que sí existe una relación entre el aborto y la edad del bebé como dos factores importantes para detonar la depresión posparto. Al momento de esta investigación y para el mejor de los casos. de nuestro conocimiento, esta es la primera investigación sobre Depresión Posparto realizada en la ciudad de Zacatecas.

Juárez-Romero et al. analizaron una muestra de 300 pacientes entre 15 a 39 años, en el Hospital de la Mujer del Estado de Tlaxcala aplicando la Escala de Edimburgo. Encontraron una prevalencia del 18,3% de depresión posparto, que es mayor que la reportada por otros investigadores [31].

La realización de ejercicio y actividad física en el transcurso del embarazo son abordados por Méndez-Cerezo en [7], además, de las posibles

complicaciones y formas de realizarlas. También analiza cómo la actividad física puede influir en la etapa perinatal.

Cordova en [32] investiga la presencia de factores asociados a la Depresión Posparto en mujeres atendidas en el Hospital Santa Rosa del Perú, durante septiembre-diciembre del 2017 utilizando la escala de Edimburgo. Entrevistó a 125 madres de las cuales el 34,4% presentaba algún tipo de Depresión Posparto.

Se realizó un estudio por Romero et al in. [33] en el que se analizó la frecuencia de la sintomatología depresiva posparto y sus factores psicosociales asociados. El total de mujeres entrevistadas fue de 154, en una etapa de postparto de 0 a 12, las cuales asistieron a dos hospitales públicos en un estado del noreste de México, respondiendo la Escala de Depresión Posparto de Edimburgo. Sus resultados reflejan que el 16% de las mujeres presentaban sintomatología depresiva.

El uso de las Tecnologías de la Información junto con la Inteligencia Artificial ofrecen nuevas estrategias para lograr la detección oportuna de la Depresión Posparto y pueden generar otros enfoques para ofrecer nuevas soluciones a la Depresión Posparto. En el estado del arte encontramos pocos proyectos de investigación sobre Depresión Postparto, utilizando Técnicas de Aprendizaje Automático.

En esta sección describimos brevemente algunos proyectos de investigación desde el enfoque computacional para la Depresión Postparto. Jiménez-Serrano et al. en [34] proponen una aplicación de salud móvil para predecir la depresión posparto basada en el aprendizaje automático. El propósito de su investigación es doble: primero, desarrollar modelos de clasificación para detectar el riesgo de PPD durante la primera semana después del parto; y en segundo lugar, desarrollar una aplicación móvil de salud (m-health) para la plataforma Android basada en el modelo con mejores prestaciones tanto para madres que acaban de dar a luz como para clínicos que quieran hacer un

seguimiento de la prueba de su paciente en siete hospitales de España. Entrenaron un conjunto de modelos predictivos para estimar el riesgo de PPD utilizando técnicas de aprendizaje automático y datos sobre mujeres posparto recopilados en siete hospitales españoles. Sus resultados muestran que Naive Bayes mostró el mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad como modelo predictivo de PPD durante la primera semana después del parto. Sin embargo es importante mencionar que hasta el momento de esta investigacion, esta aplicación no se encuentra disponible para descarga o consulta.

Dibeklioglu et al. en [35] proponen una Detección Multimodal de la depresión en entrevistas clínicas. Ellos clasificaron a 48 participantes que recibieron tratamiento para la depresión. Utilizaron intervalos de 7 semanas hasta en cuatro ocasiones para aplicar las entrevistas. Utilizaron el método de Regresión Logística y compararon diferentes clasificadores, alcanzando una precisión del 88,93%, en la detección automática de Depresión Posparto.

S. Tortajada, et al. en [36] proponen la predicción de la depresión posparto utilizando perceptrones multicapa y poda para obtener un modelo de clasificación basado en perceptrones de múltiples capas para mejorar la predicción de la depresión posparto durante las 32 semanas posteriores al parto. Además, el desarrollo de una herramienta para integrar en un sistema de apoyo a la decisión para los médicos. Utilizaron datos de 1.397 mujeres que acababan de dar a luz, de siete hospitales generales españoles, incluyendo variables clínicas, ambientales y genéticas. Obteniendo como resultados que los perceptrones multicapa mostraron un buen desempeño como modelos predictivos para la depresión posparto.

Guntuku et al. en [37] proponen la detección de depresión y enfermedad mental en redes sociales: una revisión integradora. Su investigación está relacionada con los síntomas asociados a las enfermedades mentales en Twitter, Facebook y foros web, revisando estudios recientes que tenían como objetivo predecir la enfermedad mental utilizando las redes sociales. Concluyen que los

métodos de detección automatizados pueden identificar a las personas deprimidas o en riesgo.

Rafiquil et al. en [38] proponen la detección de la depresión a partir de datos de redes sociales utilizando técnicas de aprendizaje automático. Su estudio tiene como objetivo realizar un análisis de la depresión en datos de Facebook recopilados de una fuente pública en línea. Para investigar el efecto de la detección de la depresión, proponen la técnica de aprendizaje automático como un método eficiente y escalable.

Natarajan, et al en [39] proponen el uso de Boosting para la depresión posparto, prediciendo la depresión posparto a partir de datos de encuestas sobre demografía, depresión y embarazo. En su trabajo adaptaron el algoritmo de Gradient Boosting, demostrando en sus resultados que el enfoque de aprendizaje automático propuesto puede superar a los clasificadores de referencia y, en consecuencia, demostrar el potencial del aprendizaje automático para predecir la depresión posparto.

Osubor y Egwali en [40] utilizan un enfoque neurológico difuso para el diagnóstico del trastorno de depresión posparto. Utilizan un algoritmo Adaptative Neuro Fuzzy Inference para predecir la depresión posparto. Se utilizaron 36 instancias de datos para entrenar el modelo. El sistema mostró un error de entrenamiento de 7.0706e-005 en la primera etapa de entrenamiento y un error de prueba promedio de 3.0185. Esta técnica facilitará el diagnóstico rápido y preciso de la depresión posparto.

Betts et al en [41] proponen la predicción de complicaciones maternas comunes después del parto: aprovechando los datos administrativos de salud y el aprendizaje automático con la finalidad de predecir posibles complicaciones maternas comunes después del parto que requieren un episodio de atención hospitalaria. La investigación se realizó en el estado australiano de Queensland entre enero de 2009 y octubre de 2015. Se utilizó un algoritmo de árboles potenciados por gradiente con una validación cruzada de cinco veces para

comparar el rendimiento del modelo. Informaron que las complicaciones posparto que ocurren en las primeras doce semanas después del parto requieren ingreso hospitalario.

Zhang et al. en [42] proponen un framework de ML para la predicción del riesgo de PPD utilizando datos obtenidos de registros médicos digitalizados. Utilizaron un conjunto de datos de 15.197 mujeres de 2015 a 2018 en un solo sitio y 53.972 mujeres en un periodo comprendido del 2004 a 2017 en varios sitios. Su investigación utilizó un framework para la extracción de datos, procesamiento y aprendizaje automático para seleccionar una lista mínima de características. Se utilizó un modelo que utiliza características clínicas como historial de salud mental, órdenes de prescripción de medicamentos, comorbilidad médica, características demográficas del paciente, y complicaciones obstétricas. Se entrenaron cinco algoritmos de aprendizaje automático, incluidos Bosques Aleatorios, Árboles de Decisión, Refuerzo de Gradiente Extremo (XGBoost), Regresión Logística Regularizada y Perceptrón Multicapa. Sus resultados muestran que la Regresión Logística con regularización L2 resultó ser el algoritmo de mejor rendimiento con un Área bajo la curva (UAC) de 0,937, seguido de XGBoost con un UAC de 0,935 y Bosques Aleatorios con 0,91.

Fátima et al. en [43] presentan un método basado en datos para aprovechar la información disponible en las redes sociales para predecir la depresión posparto. Utilizan algunas características lingüísticas extraídas de publicaciones textuales para predecir este trastorno. Utilizaron un Perceptrón Multicapa con otras técnicas de aprendizaje automático, como la Máquina de Soporte Vectorial y la Regresión Logística. En su investigación reportan un 91,7 % de precisión para el contenido depresivo y un 86,9 % de predicción de la Depresión Posparto.

Shin et al. en [44] proponen un modelo predictivo para la Depresión Posparto utilizando enfoques de aprendizaje automático. Realizaron un estudio

de cohorte retrospectivo utilizando datos del Sistema de Monitoreo de Evaluación de Riesgos del Embarazo de 2012 a 2013 con 28.755 registros (3339 con depresión posparto y 25.416 casos normales). Se utilizaron nueve algoritmos de aprendizaje automático diferentes y obtuvieron una precisión general que varió de 0,65 para KNN a 0,79 para RF.

Wang et al. en [45] proponen el uso de registros médicos electrónicos con algoritmos de aprendizaje automático para predecir la depresión posparto. Utilizan un conjunto de datos de Weil Cornell Medicine y New York-Presbyterian Hospital entre 2017 y 2018 con 9980 episodios de embarazo. Utilizan seis algoritmos de aprendizaje automático que incluyen Regresión Logística, Máquina de Soporte Vectorial, Árboles de Decisiones, Naïve Bayes, entre otros. Sus resultados muestran un rendimiento de predicción con un AUC de 0,79 utilizando información demográfica, diagnósticos y medicamentos de registros médicos electrónicos.

Devasagayam et al. in [46] presentan un estudio basado en textos extraídos de redes sociales Tweets y comentarios de Instagram para optimizar modelos de Machine Learning. Utilizaron algoritmos como Máquinas de Soporte Vectorial, Bosques Aleatorios, Árboles de Decisión, Refuerzo de Gradiente Extremo (XGBoost) y el perceptrón Multicapa, optimizándolos en un Algoritmo de Optimización de Osprey (OOA), obteniendo una precisión de 96.12%.

Las aplicaciones móviles han representado una nueva forma de tener la tecnología más al alcance de todas las personas, en este caso específicamente asociadas a la depresión postparto, ha habido algunos intentos por realizar aplicaciones móviles que apoyen en la detección de la DPP. Al inicio de esta investigación pudimos determinar que en México y específicamente en Zacatecas no existen aplicaciones móviles que permitan la clasificación y detección de este trastorno. Sin embargo, recientemente han aparecido algunas investigaciones soportadas en aplicaciones móviles con este propósito. En los

siguientes párrafos exploraremos algunas de las propuestas de aplicaciones móviles enfocadas a la detección de la DPP.

El Hospital de Salud Mental para mujeres (MGH) de Massachusetts, Estados Unidos, en conjunto con la Facultad de Medicina de la Universidad de Harvard [47] proponen una aplicación gratuita llamada “MGHPDS Mobile App” que utiliza cuestionarios sobre el estado de ánimo, ansiedad, sueño y estrés en durante el embarazo y postparto.

Seo Ji-Min et al. en [48] proponen una aplicación móvil denominada “Happy Mother Mobile” desarrollada con el fin de autogestionar la DPP mediante la terapia cognitivo-conductual en Corea del Sur, Esta aplicación promueve el comportamiento saludable de las madres y mejora su estado de ánimo depresivo eficazmente.

Gyllenkrok y Wirström en [49] proponen una aplicación llamada “LEIA” Heatlh, como una guía Postparto completa, donde las madres pueden obtener soporte para desarrollar su fuerza interior y exterior, ofreciendo información a nuevos padres acerca de sueño, alimentacion, ejercicio, entre otros temas.

Daehn et al. en [50] proponen una aplicación llamada “Smart Moms” para Alemania, diseñada para informar a las mujeres acerca de la DPP y apoyarlas con un instrumento de autoevaluación de fácil acceso, utilizando la escala de edimburgo.

Franco et al. en [51], proponen una aplicación llamada “Mamá te entiendo” para Chile, en la que pretenden cubrir a un bajo costo de intervención la detección de la DPP, ya que en Chile este tipo de aplicaciones es un campo no explorado. Ellos utilizan junto con la escala de Edimburgo diferentes test para evaluar el seguimiento de la DPP.

Rodriguez-Muñoz et al. en [52] proponen una aplicación llamada “Healthy Moms and Babies app”, para el Hospital San Carlos de Madrid España, en el que utilizan el Cuestionario de Salud del Paciente con el fin de realizar una evaluación de los síntomas de la depresión durante el Postparto, así como prevenir los síntomas de ansiedad.

Rose en [53] propone una app llamada Momma Connect para el apoyo a mamás que padecen DPP. Esta propuesta de la Universidad de Dexel en Estados Unidos, permite a las madres y médicos reunirse de manera virtual cada semana para guiar a las madres a trabajar en una conexión emocional y física con los hijos, mientras vigilan el seguimiento de su estado de ánimo.

Zingg et al. en [54] proponen una aplicación llamada MomMind, enfocada a encontrar las disparidades de salud en la prevención y el manejo de la DPP con el objetivo de la alfabetización en salud de las participantes asociados a la DPP en una población vulnerable.

Chang et al. en [55] en proponen una aplicación móvil Psicodedicacional para Hong Kong en el que examinan los efectos de la educación en la reducción de la Depresión Postnatal, ansiedad y estrés, con madres que tienen al menos 24 meses de gestación.

3.2 Análisis comparativo

La Tabla 1 muestra el análisis de los trabajos relacionados en el tema de depresión postparto y machine learning donde se describen y se compara el contenido de cada trabajo.

Tabla 1. Análisis comparativo con otras investigaciones.

Datos Generales					Machine Learning										
Autor	Articulo	Problema	Objetivo	Año	Regresión lineal	SVM	Algoritmos de poda	Logistic Regression	Naive Bayes	ANNs	Decision tree	k-Nearest Neighbor	Boosting	AppMovil	AppWeb
Sharath Chandra Guntuku, David B Yaden , Margaret L Kern , Lyle H Ungar and Johannes C Eichstaedt	Detector la depresión y la enfermedad mental en las redes sociales: una revisión integradora	Los síntomas asociado con las enfermedades son observables en Twitter, Facebook y web, foros y métodos automatizados son cada vez más capaces de detectar depresión y otras enfermedades mentales.	A Través de lo que los usuarios comparten por redes sociales , se lleva a cabo la predicción de depresión	2017											
J L Cox, J M Holden and R Sagovsky	Detection of postnatal depression. Development of the 10-item Edinburgh Postnatal Depression Scale.	En la última década varios estudios han proporcionado que los meses siguientes al parto son se caracterizan con frecuencia por trastornos psiquiátricos, y que al menos el 10-15% de las madres experimentan una marcada depresiva en este momento.	El desarrollo de una escala de auto-informes de 10 ítems (EPDS) para la detección de la depresión postnatal.	2012											
S. Tortajada, J. M. García-Gómez, J. Vicente, J. Sanjuán, R. de Frutos	Prediction of Postpartum Depression Using Multilayer Perceptrons and Pruning	La depresión posparto (PPD) parece ser una condición universal con preva- equivalente (alrededor del 13%) en diferentes países del mundo lo que implica un aumento en costos de la atención médica . Las mujeres que sufren de PPD sienten un considerable deterioro de las capacidades cognitivas y emocionales. que pueden afectar el apego madre-hijo	El objetivo principal de este documento es obtener un modelo de clasificación basado en perceptrones multicapa de alimentación con el fin de mejorar la predicción de la depresión posparto durante las 32 semanas después del parto con un alta sensibilidad y especificidad, con el fin de desarrollar una herramienta para ser integrada en un soporte de decisiones para los médicos.	2009											
Hamdi Dibeklioğlu, Zakia Hammal, Ying Yang, Jeffrey F. Cohn	Detección multimodal de la depresión en las entrevistas clínicas	Los métodos actuales para la evaluación de la depresión dependen casi por completo. En entrevista clínica o autoevaluación. Tales medidas carecen de sistema Maneras temáticas y eficientes de incorporar observaciones de comportamiento. Que son fuertes indicadores de desorden psicológico.	Comparar una entrevista clínica de gravedad de la depresión con medida automática.En 48 participantes sometidos a tratamiento para la depresión. Las entrevistas se obtuvieron en intervalos de 7 semanas en hasta cuatro ocasiones.	2009											
Santiago Jiménez-Serrano, Salvador Tortajada, Juan Miguel García-Gómez	A Mobile Health Application to Predict Postpartum Depression Based on Machine Learning	Depresión Posparto	En primer lugar, desarrollar la clasificación modelos para detectar el riesgo de PPD durante la primera semana después del parto, y en segundo lugar, el desarrollo de la una aplicación (app) de salud móvil (m-health) para el Android (Google, Mountain View, CA) basada en el modelo con el mejor rendimiento para las madres que acaban de dar a luz y médicos que quieren monitorear la prueba de su paciente	2014											
Md. Rafiqul Islam, Muhammad Ashad Kabir, Ashir Ahmed	Depression detection from social network data using machine learning techniques	Depresión	Realizar análisis de depresión en datos de Facebook recogidos de una fuente pública en línea	2018											
Sriraam Natarajan, Annu Prabhaka, Nandini Ramanan, Anna Baglione	Boosting for Postpartum Depression Prediction	Depresión Posparto	Predecir la depresión posparto mediante el algoritmo de boosting	2017											
V. I. Osubor, A. O. Egwali	A neuro fuzzy approach for the diagnosis of postpartum depression disorder	Depresión Posparto	Un sistema adaptativo de inferencia neuro difuso. para predecir la depresión posparto. Se utilizaron 36 instancias de datos para entrenar el modelo	2018											
KS Betts, S Kisely, R Alati	Predicting common maternal postpartum complications: leveraging health administrative data and machine learning	Depresión Posparto	El objetivo fue predecir el riesgo de complicaciones maternas comunes después del parto que requieren un episodio de atención hospitalaria.	2019											
Zafi Sherhan Syed, Kirill Sidorov, David Marshall	Recognizing Depression from Twitter Activity	Depresión	Extrae varias características de las historias de actividad de Twitter. usuarios Al aprovechar estas características, Construimos modelos para estimar la presencia de depresión activa.	2015											

La Tabla 2 muestra un análisis comparativo asociado a las aplicaciones móviles y web enfocadas a la DPP.

Tabla 2. Análisis comparativo de Apps móviles y web para la DPP.

Autor	Nombre	País	Sistema	Edimburgo	Otros test	ML
MHG [47]	MGHPDS Mobile App	Estados Unidos	Móvil	Si	Si	No
Seo Ji-Min et al. [48]	Happy Mother Mobile	Korea	Móvil	Si	Si	No
Gyllenkrok y Wirström [49]	LEIA	Estados Unidos	Móvil	Si	Si	No
Daehn et al. [50]	Smart Moms	Alemania	Web	Si	No	No
Franco et al. [51]	Mamá te entiendo	Chile	Web	Si	Si	No
Rodriguez-Muñoz et al. [52]	Healthy Moms and Babies app	España	Web	No	Si	No
Rose [53]	MommaConnect	Estados Unidos	Web	No	Si	No
Zingg et al. [54]	MomMind	Estados Unidos	Web	No	Si	No
Chang et al. [55]	Psychoeducational mobile app	Hong Kong	No especifica	Si	Si	No
Díaz et al. (esta investigación)	**Zacatecas DPP App**	**México**	**Móvil**	**Si**	**No**	**Si**

Como podemos observar existen distintas propuestas en varios países para la detección de la DPP, pero hasta el momento ninguna de las investigaciones consultadas aborda en conjunto con los test de Edimburgo y Machine Learning la predicción y clasificación de la DPP en conjunto.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Metodología Propuesta

En este proyecto de investigación la metodología esta dividididia en 2 fases cada una con sus etapas correspondientes.

1. Fase 1. Crear un modelo basado en el Aprendizaje supervisado para clasificar la Depresión posparto. Esta etapa incluye dos etapas principales:
    a) Etapa 1. Preprocesar y preparar el dataset para la Clasificación de la DPP.
    b) Etapa 2. Crear un modelo de Machine Learning que permita la clasificación de la DPP
    c) Etapa 3. Evaluar el desempeño del modelo de ML en la Clasificación de la DPP.
2. Fase 2. Crear una aplicación móvil multiplataforma que permita la predicción y detección de la Depresión Posparto. Esta etapa del proyecto de investigación incluye dos actividades principales.
    a) Etapa 1. Crear una aplicación móvil multiplataforma para la clasificación de la Depresión Postparto usando el modelo previamente creado en la Primera Etapa.
    b) Etapa 2. Probar la eficacia de la aplicación con una muestra de mujeres que se encuentren en periodo Postparto, en los hospitales de la Ciudad de Zacatecas.

A continuación, se describirán brevemente las actividades en cada una de las etapas y actividades de cada etapa.

4.2 Fase 1. Crear un modelo basado en el Aprendizaje supervisado para clasificar la Depresión posparto

En esta se compone de dos etapas, en la primera se realizará una preparacion del dataset, con un preprocesamiento y limpieza de los datos. Mientras que en la segunda etapa con ese dataset, se identificará el algoritmo de Aprendizaje supervisado que genere la más alta exactitud en la predicción de la DPP. A continuación, se describe con más detalle ambas etapas.

4.2.1 Etapa 1. Preprocesar y preparar el dataset para la Clasificación de la DPP

En esta etapa, se utilizará el dataset de 100 mamás clasificadas con DPP creado por Parga-Anaya y García [30]. Dado que este dataset contiene datos sociodemográficos e información clínica recabadas en esta investigación, es necesario ralizar una preparación del dataset, realizando procedimientos de limpieza, remocion de items con datos faltantes, normalización y extracción de características, lo que se denomina preprocesamiento de datos, para crear un dataset que nos permita extraer las características necesarias para ser utilizado en la siguiente etapa.

4.2.2 Etapa 2. Identificar y evaluar el algoritmo de Aprendizaje supervisado que generé la más alta exactitud en el Clasificación de la Depresión posparto

Esta etapa se plantea identificar el algoritmo de aprendizaje supervisado de clasificación binaria que genere la mayor precisión en la clasificación de la depresión posparto.

Se utilizará un conjunto de datos para la clasificación. El conjunto de datos se dividirá en dos partes: la primera parte (80 % de los datos) se utilizará para

crear un modelo de clasificación utilizando al menos 8 de los algoritmos más populares de clasificación en aprendizaje supervisado:

- AdaBoostClassifier (ABC).
- Arboles Aleatorios (AA).
- Árboles de Decisión (AD).
- K-nearest Neighbors (KNN).
- Máquinas de Soporte Vectorial (SVM).
- Naive Bayes (NB).
- Redes Neuronales Artificiales (RN).
- Regresión Logística (RL).

La segunda parte (20% de los datos) se utilizará para evaluar la eficiencia en la clasificación del modelo y así poder elegir cuál es el mejor algoritmo que arroja mayor precisión clasificando la depresión posparto para poder generar una depresión posparto. modelo de predicción. Una vez determinado el modelo, se utilizará dentro de la aplicación móvil.

4.2.3 Etapa 3. Evaluar el desempeño del modelo de ML en la Clasificación de la DPP

Con la finalidad de predecir la depresión postparto debemos asegurar que el umbral de precisión ronde por encima del 90%, esto nos dará la certeza que la madre presente este tipo de depresión postparto. Para llegar a estos datos se requiere realizar la comparación de resultados con base a el conjunto de datos de las 100 madres para entrenar cada algoritmo de clasificación binaria con el fin de analizar cual algoritmo arrojará una precisión igual o mayor al 90%.

Así mismo, para cada algoritmo se utilizará el método Análisis de Componentes Principales (PCA) y el método de Validación Cruzada, con el fin de mejorar la predicción de los algoritmos. El modelo generado será evaluado con diferentes métricas de Machine Learning, para determinar la habilidad del modelo de predecir la DPP.

4.3 Fase 2. Crear una aplicación móvil multiplataforma que permita la predicción y detección de la Depresión Posparto

Esta etapa del proyecto de investigación incluye dos etapas principales. En la primera etapa, se creará una aplicación móvil que implemente el modelo generado en la fase 1, además de la aplicación del cuestionario de Edimburgo. En la segunda etapa, se probará la eficiencia de la aplicación, con una muestra de mujeres que han sido madres en los dos últimos años para probar la correcta clasificación de la DPP. A continuación, se describe con más detalle ambas etapas.

4.3.1 Etapa 1. Crear una aplicación móvil multiplataforma para la clasificación de la Depresión Postparto usando el modelo previamente creado en la Primera Etapa

En esta etapa, se creará una aplicación móvil multiplataforma que deberá ser programada incluyendo el modelo de predicción, el cuestionario de Edimburgo y deberá funcionar en las plataformas de telefonía móvil Android e IOS. Además. Se probará la eficacia de la aplicación con una muesta de mujeres que han sido madres en los últimos dos años, en los hospitales de la Ciudad de Zacatecas. Esta aplicación, será desarrollada siguiendo una metodología de desarrollo de software.

4.3.1.1 Metodología de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizará una metodología ágil lo que permitirá desarrollar la aplicación de una manera rápida y organizada. Dentro del desarrollo se realizarán la estapas de Análisis de Requerimientos, Diseño, Desarrollo, Test, Despliegue y Revisión, las cuales son mostradas en la Imagen 1.

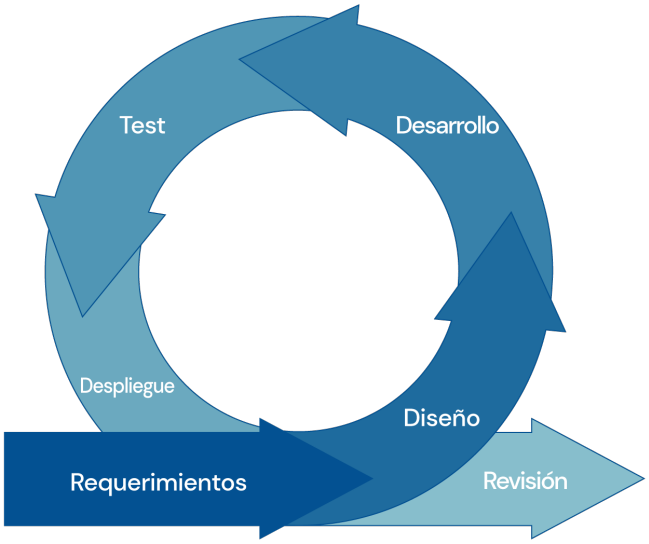


Imagen 1. Etapas del Desarrollo de la Aplicación

4.3.1.2 Herramientas a utilizar

Antes de iniciar con el desarrollo e implementación de la aplicación, se deberá identificar y analizar las herramientas, software y procesos a llevar a cabo, con el fin de generar un software confiable y de calidad.

4.3.2 Etapa 2. Probar la eficacia de la aplicación con una muestra de mujeres que se encuentren en periodo Postparto, en los hospitales de la Ciudad de Zacatecas.

En esta etapa, se probará la eficacia de la aplicación con una muestra de mujeres que se encuentren en etapa de Postparto, es decir que hayan sido madres en los útlimos dos años. Una vez que la aplicación haya sido desarrollada, y el sistema de clasificación sea probado de manera eficiente, se conducirán nuevamente la aplicación del cuestionario en con una muestra de nuevas madres, o hasta completar la muestra mínima establecida de 270 mujeres, con el objetivo de validar el modelo de predicción y clasificación.

Después de lograr la muestra mínima establecida, ser capaces de obtener estadísticas como: el número de mujeres con Depresión posparto leve, moderada o grave, cuántas veces la aplicación ha sido utilizada por la madre para evaluar su grado de Depresión, cuáles alternativas de apoyo para la Depresión posparto han elegido las madres, entre otras. Además, también se puede dar un seguimiento personalizado a una madre, pudiendo así un hacer un seguimiento de su Depresión en cualquier momento.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Los resultados de esta investigación se presentarán con base a la metodología presentada en el capítulo 4.

5.1 Creación de un modelo basado en el aprendizaje supervisado para clasificar la depresión postparto

El objetivo de este proyecto de investigación es proponer un nuevo enfoque para predecir y clasificar la depresión posparto utilizando el aprendizaje automático como un problema de clasificación supervisada. Para la creación del modelo de predicción de la DPP, utilizamos el conjunto de datos obtenido de Parga-Anaya y García [30].

5.1.1 Etapa 1. Preprocesar y preparar el dataset para la Clasificación de la DPP

En esta etapa seguimos un enfoque de Aprendizaje Automático comenzando con la adquisición de datos, el preprocesamiento, la clasificación y la evaluación del rendimiento del modelo. La Imagen 2 Muestra el proceso de Aprendizaje Automático para la creación y evaluación del modelo.

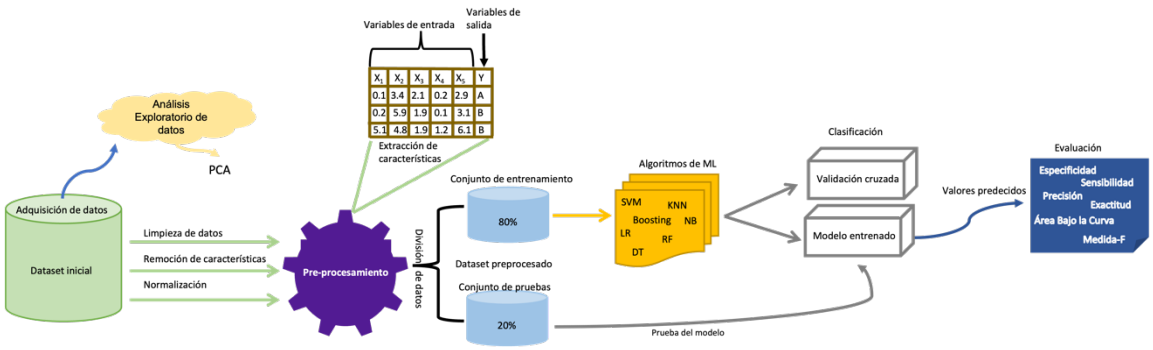


Imagen 2. Proceso de Aprendizaje Automático

5.1.1.1 Adquisición de datos

El dataset propuesto por Parga-Anaya y García [30] fue recolectado de 2014-2015. Este incluye datos de 100 mujeres del estado de Zacatecas, México. Estos datos se obtuvieron de una entrevista tipo cuestionario aplicada en la Clínica 1 del IMSS de la Ciudad de Zacatecas. Este cuestionario contiene información clínica y datos sociodemográficos. El primer criterio a considerar es que todas las mujeres estuvieran en etapa puerperal, esto significa que todas ellas tuvieron un bebé nacido en el último mes y hasta un año de edad. Con respecto a las características clínicas gineco-obstétricas, consideramos el tipo de parto (cesárea, parto natural), lactancia, uso de anestesia, embarazo planeado, embarazo deseado, primigrávida, multigrávida, número de hijos, abortos, enfermedad del neonato e institución donde se atendió el parto. En relación con los datos sociodemográficos, se consideraron características como edad, estado civil, escolaridad, ocupación, ingreso familiar mensual, apoyo de la pareja. Con respecto a la depresión posparto, esta característica se midió con el cuestionario de Edimburgo [8] que permite clasificar a las mujeres como sanas o deprimidas.

Algunas características del conjunto de datos se describen en los siguientes párrafos.

La población estudiada incluyó 100 mujeres en etapa puerperal y hasta un máximo de un año después de haber nacido su bebé, de las cuales se pueden obtener las siguientes características descriptivas.

5.1.1.2 Variables sociodemográficas

Con respecto a las variables sociodemográficas, en el caso de la edad se encontró una media de 26.5 años, con un valor máximo de 43 años y un mínimo de 16 años. A continuación, se muestran los datos obtenidos para las variables sociodemográficas: estado civil, escolaridad, ocupación, estatus económico,

apoyo familiar y apoyo de pareja. En el estado civil se encontró que un 76 por ciento de las participantes encuestadas eran casadas y un 1 por ciento era viuda. Para la escolaridad se detectó que un 43 por ciento de las mujeres había estudiado secundaria, mientras que sólo un 5 por ciento había estudiado posgrado. En ocupación se encontró que el 62 por ciento de ellas eran amas de casa y solamente 2 por ciento eran estudiantes. En el apoyo familiar se encontró que el 100 por ciento de las mujeres habían recibido este tipo de apoyo, mientras que para el apoyo de pareja únicamente 4 por ciento no lo recibió. Como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de las variables sociodemográficas.

Variables	Frecuencia	Porcentaje
Estado civil		
Casada	76	76%
Unión Libre	18	18%
Soltera	5	5%
Viuda	1	1%
Escolaridad		
Primaria	3	3%
Secundaria	43	43%
Preparatoria	30	30%
Licenciatura	19	19
Posgrado	5	5%
Ocupación		
Ama de Casa	62	62%
Empleada	35	35%
Estudiante	2	2%
Desempleada	1	1%
Estatus económico		
Baja baja	5	5%
Baja alta	56	56%
Media baja	34	34%
Media alta	5	5%
Apoyo Familiar		
Si	100	100%
Apoyo de Pareja		
Si	94	94%
No	4	4%

5.1.1.3 Variables clínicas

Los datos obtenidos para las variables clinicas asociadas: paridad, lactancia, enfermedad del neonato, anestesia durante el parto, embarazo deseado, abortos, número de hijo, embarazo planeado, parto término se muestran a continuación. Para el caso de la paridad se encontró que el 69 por ciento de las mujeres ya había tenido varios embarazos en el transcurso de su vida. En el caso de la lactancia, se encontró un promedio de 3.3 meses con un máximo de 12 meses y un mínimo de 0 meses, es decir sin haber lactado, siendo un mes el tiempo que la mayoría de mujeres lactaron a sus bebés con un 20 por ciento. En el caso de la anestesia durante el parto se encontró que en el 65 por ciento de las mujeres se había utilizado algún tipo de anestesia, ya sea epidural o raquídea, del número de abortos se encontró que el 13 por ciento tuvo un aborto, mientras que el 10 por ciento había tenido 2, el 39 por ciento de las participantes había tenido 2 hijos, el 54 por ciento de ellas planeó su embarazo y en el 94 por ciento llegó el parto a su término. Como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Características descriptivas de las variables clínicas.

Variables	Frecuencia	Porcentaje
Paridad		
Primigesta	31	31%
Multigesta	69	69%
Lactancia		
Si	83	83%
No	17	17%
Enfermedad del Neonato		
Si	8	8%
No	92	92%
Anestesia durante el parto		
Si	65	65%
No	35	35%
Tipo de Parto		
Cesárea	45	45%
Vaginal	55	55%
Institución donde se atendió el parto		
IMSS	51	51%
ISSSTE	7	7%
Hospital de la Mujer Zacatecana	29	29%
Particular	13	13%
Edad del Bebé		
1 mes	18	18%
2 meses	9	9%

Variables	Frecuencia	Porcentaje
3 meses	15	15%
4 meses	6	6%
5 meses	8	8%
6 meses	7	7%
7 meses	11	11%
8 meses	1	1%
9 meses	9	9%
10 meses	3	3%
11 meses	6	6%
12 meses	7	7%
Embarazo deseado		
Si	89	89%
No	11	11%
Abortos		
Si	21	21%
No	79	79%
Numero de hijo		
1	31	31%
2	39	39%
3	18	18%
4	10	10%
5	2	2%
Embarazo Planeado		
Si	54	54%
No	46	46%
Parto término		
Si	94	94%
No	6	6%

En el caso de la enfermedad del neonato, se encontraron enfermedades como cardiopatía con un 3 por ciento, intolerancia a la lactosa con un 3 por ciento, gastroquisis con 1 por ciento y taquicardia con 1 por ciento.

Las instituciones en las que las mujeres se atendieron fueron 51 por ciento en el IMSS, el 7 por ciento en el ISSSTE, 29 por ciento en el hospital de la mujer Zacatecana, 13 por ciento en hospital particular. Del tipo de parto podemos afirmar que el 55 por ciento de las mujeres fueron atendidas por parto natural y/o vaginal, mientras que el 45 por ciento tuvieron parto por vía cesárea. De las mujeres atendidas por cesárea, el 5 por ciento fue por cesárea electiva, el 30 por ciento por cesárea de emergencia y el 10 por ciento por cesárea programada. Con respecto a la depresión posparto, esta característica se midió con el cuestionario de Edimburgo [6] que permite clasificar a las mujeres como sanas o

con depresión, el 39% de las mujeres se clasificaron con Depresión Posparto, mientras que el 61% se clasificaron como sanas.

5.1.1.3 Preprocesamiento

Para preprocesar nuestro conjunto de datos, seguimos una serie de pasos previos, que incluyen limpieza de datos, eliminación de observaciones con valores faltantes, extracción de datos, normalización y estandarización de características. Los métodos de extracción de características implican la eliminación de características con relaciones no lineales entre características independientes o poca o ninguna varianza, con el objetivo de seleccionar un subconjunto de características prominentes que permitan identificar o describir síntomas de depresión. En el proceso de limpieza, revisamos el conjunto de datos con 25 características con el propósito de identificar y establecer algunos datos vacíos o datos fuera de rango.

A continuación, aplicamos un proceso de normalización y estandarización propuesto por Brownlee en [56] quien estableció que la normalización realiza un escalamiento individual de las variables de entrada al rango 0-1, es en este rango donde los valores de punto flotante tienen una mayor precisión. La estandarización es el proceso de escalar de manera individual cada variable de entrada restando la media y dividiendo por la desviación estándar, de tal forma que la distribución tenga una media de cero y una desviación estándar de uno. Estos dos procesos se generaron utilizando la biblioteca de preprocesamiento de Python sklearn [57]. Una de las tareas comunes para los estimadores de aprendizaje automático es la estandarización, debido a que podría existir un comportamiento erróneo si las características individuales de los datos no se ajustan a las de los datos estandarizados y distribuidos normalmente.

5.1.2 Etapa 2. Identificar y evaluar el algoritmo de Aprendizaje supervisado que generé la más alta exactitud en el Clasificación de la Depresión posparto

Para nuestro modelado de clasificación de la depresión posparto, utilizamos el conjunto de datos preprocesados, el cual se dividió en dos partes: La primera parte (80% de los datos) se utilizará para crear un modelo de clasificación utilizando diferentes algoritmos de aprendizaje supervisado (AdaBoost Classifier (ABC), PCA Bosting – PCB, Decision Tree – DT, Nearest Neighbor Method - KNN, Support Vector Machine - SVM, Random Forests - RF, Naive Bayes-NB, y Logistic Regression - LR). La segunda parte (20% de los datos) se utilizará para probar la eficiencia en la clasificación del modelo y así poder elegir cuál es el mejor algoritmo que arroje la mayor precisión al clasificar la depresión posparto con el objetivo de generar un modelo de predicción de la depresión posparto. Una vez determinado el modelo, se utilizará dentro de la aplicación móvil.

Para llevar a cabo el análisis de los datos mediante un algoritmo de machine learning, se tomaron como base los principales algoritmos para realizar la clasificación binaria, durante el análisis de la predicción de depresión postparto se siguieron los siguientes pasos:

- La tasa de aprendizaje fue configurada en 1, y el número de estimadores en 50.
- El conjunto de datos se dividió en un 80% para entrenamiento y un 20% para prueba, asegurando que los datos estuvieran balanceados entre las clases.
- Se realizó un escalado de las variables independientes para estandarizar las características y mejorar el rendimiento del algoritmo.

5.1.3 Etapa 3. Evaluar el desempeño del modelo de ML en la Clasificación de la DPP

Para evaluar nuestro modelo de clasificación, consideramos algunas métricas de clasificación ML utilizadas en la literatura. Estas métricas muestran la capacidad de predecir PPD correctamente.

La matriz de confusión se utiliza para visualizar el rendimiento de un algoritmo, verificando que nuestro modelo ML no esté confundiendo ninguna clase o predicción. En este caso tenemos dos clases: con PPD (positiva) y sin PPD (negativa). Los resultados predichos deben compararse con los resultados reales, con el objetivo de proporcionar los Verdaderos Positivos (TP), que son los casos en los que nuestro modelo predice PPD y coinciden con el valor real clasificado positivo previamente. Verdaderos Negativos (TN), que representan los ítems que no presentan PPD y se clasifican correctamente como negativos. Falsos Positivos (FP) que representan un caso en el que el modelo clasificó como positivo, pero la clasificación original fue negativa. Y Falsos Negativos (FN) representan casos en los que el modelo clasificó negativo, pero la clasificación real fue positiva. La Tabla 5 muestra la Matriz de confusión.

Tabla 5. Matriz de confusión

Resultado de la Prueba	**Sin DPP**	**Con DPP**
Negativo	Verdaderos Negativos (TN)	Falsos Positivos (FP)
Positivo	Falsos Negativos (FN)	Verdaderos Positivos (TP)

Ademas, se utilizaron siete métricas ML comunes para evaluar el rendimiento de nuestro modelo, para calcular Exactitud, Precisión, Recall, F1-Score, Especificidad y Área Bajo la Curva ROC. Estas métricas se describen a continuación.

5.1.3.1 Exactitud

Exactitud (Accuracy en inglés). Es la proporción de predicciones correctas respecto del total de predicciones. Se utiliza para analizar el rendimiento de la clasificación. Se calcula en la Ecuación (1).

$$Exactitud = \frac{TP + TN}{Total\ Predictions\ (TP + TN + FP + FN)} \quad (1)$$

5.1.3.2 Precisión

Precisión: Es la proporción de verdaderos positivos de todas las predicciones positivas, se calcula en la Ecuación (2).

$$Precisión = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

5.1.3.3 Sensibilidad

Sensibilidad (Recall en inglés). Es la proporción de positivos reales predichos correctamente (TP) por el modelo. Un porcentaje bajo de esta métrica indica que el algoritmo clasifica más elementos FN. Un porcentaje alto indica que el modelo clasifica la mayoría de los VP. Se calcula en la Ecuación (3).

$$Sensibilidad = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

5.1.3.4 Medida-F1

Medida-F1 (Score-F1). Es la media armónica de la precisión y la recuperación, que equilibra ambas cuando se necesita un equilibrio. Se utiliza para evaluar el rendimiento de la clasificación en una medida utilizando la media armónica. Se calcula en la Ecuación (4).

$$F1 = 2 * \frac{Precisión * Sensibilidad}{Precisión + Sensibilidad} \quad (4)$$

5.1.3.5 Especificidad

Especificidad (Specificity en inglés). También conocida como tasa de negativos verdaderos (TNR), se utiliza para evaluar el rendimiento de un modelo de aprendizaje automático, en particular en tareas de clasificación binaria. Mide la proporción de casos negativos reales que el modelo identifica correctamente y se calcula en la ecuación (5).

$$Especificidad = \frac{TN}{TN + FP} \quad (5)$$

5.1.3.6 Características de Funcionamiento del Receptor y Area bajo la Curva

Las Características de Funcionamiento del Receptor (ROC - Receiver Operating Characteristic en inglés) y Area bajo la Curva (AUC). La curva ROC representa gráficamente la tasa de verdaderos positivos (sensibilidad) frente a la tasa de falsos positivos (1 - especificidad) para diferentes umbrales. La puntuación AUC-ROC (área bajo la curva ROC) proporciona una medida única de la capacidad del modelo para equilibrar la sensibilidad y la especificidad en diferentes umbrales.

Mide la relación entre la tasa de verdaderos positivos y la tasa de falsos positivos en distintos umbrales. Proporciona una medida de la capacidad del modelo para distinguir entre clases y diferentes umbrales. Se calcula en la ecuación (6).

$$AUC = Tasa\ de\ Verdaderos\ Positivos\ (TVP)\ vs\ Tasa\ de\ Verdaderos\ Negativos\ (TVN) \quad (6)$$

5.1.3.7 Evaluación de algoritmos de ML

En base a las medidas anteriores, las siguientes secciones describen la evaluación de cada uno de los algoritmos de ML empleados en la construcción del modelo.

5.1.3.7.1 AdaBoostClassifier (ABC).

Es un método de boosting que ajusta un conjunto de clasificadores débiles en secuencia.

a. Matriz de Confusión.

El modelo identificó correctamente 6 casos de no depresión y 9 casos de depresión. Clasificó incorrectamente 1 caso de no depresión como depresión y 4 casos de depresión como no depresión. La Tabla 6 muestra la matriz de confusión para el algoritmo Ada Boost.

Tabla 6 Matriz de confusión Ada Boost Classifier

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	6	1
Clase Real: 1	4	9

Las métricas obtenidas son:

b. Exactitud (Accuracy)**:** 0.75

El modelo fue preciso en el 75% de los casos, prediciendo correctamente 15 de los 20 casos.

c. Precisión (Precision)**:** 0.90

De todas las predicciones de depresión, el 90% fueron correctas, indicando un buen desempeño en evitar falsos positivos.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.69

El modelo identificó correctamente el 69% de los casos de depresión, lo que muestra una capacidad razonable para detectar verdaderos positivos.

e. Especificidad: 0.86

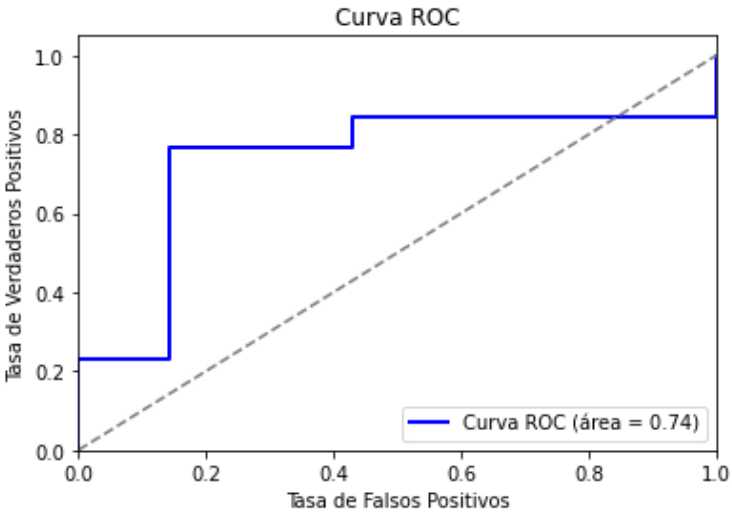
El modelo identificó correctamente el 86% de los casos sin depresión, lo que sugiere una buena capacidad para clasificar correctamente los casos negativos.

f. F1-Score**:** 0.78

El F1-Score de 78% refleja un buen equilibrio entre precisión y sensibilidad, lo que sugiere que el modelo maneja bien ambos aspectos.

g. ROC con su área bajo la curva (AUC): 0.77

La Gráfica 1 muestra la gráfica del ROC AUC para el algoritmo Ada Boost Classifier.



Gráfica 1. ROC AUC para Ada Boost Classifier

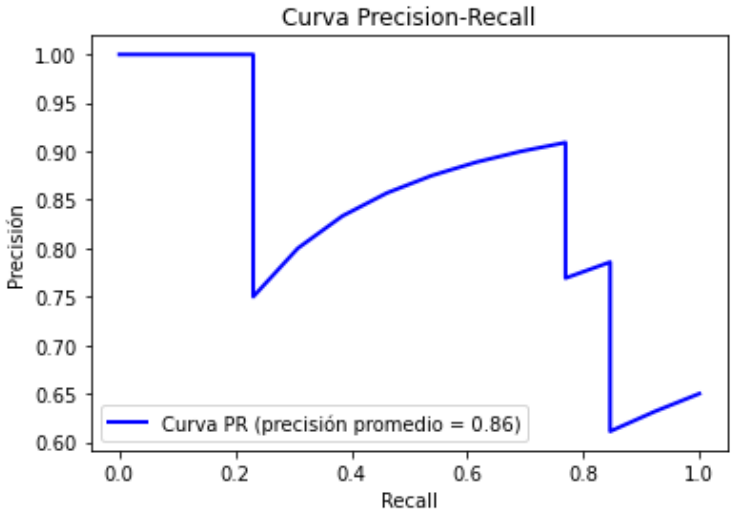
La curva ROC muestra la tasa de verdaderos positivos frente a la tasa de falsos positivos a diferentes umbrales. El área bajo la curva (AUC) es de 77%, lo que indica que el modelo tiene un buen rendimiento para distinguir entre las clases de depresión y no depresión.

h. Curva de Precisión-Recall 0.86

La curva de precisión-recall muestra la relación entre precisión y sensibilidad a diferentes umbrales de clasificación. El área bajo la curva de precisión es de 86%, lo que refleja la capacidad del modelo para mantener alta precisión a medida que el recall aumenta. La Gráfica 2 muestra la curva de precisión-recall para el algoritmo Ada Boost Classifier.

El algoritmo AdaBoostClassifier es eficaz para predecir la depresión postparto, mostrando una combinación sólida de precisión y capacidad de detección.

- Exactitud del 75% indica que el modelo tiene un rendimiento general aceptable.
- Precisión del 90% muestra una alta capacidad para evitar falsos positivos.



Gráfica 2. curva de precisión-recall para Ada Boost Classifier.

- Sensibilidad del 69% sugiere que el modelo es efectivo en detectar casos de depresión, aunque aún hay margen para mejorar.
- Especificidad del 86% sugiere que el modelo es bastante efectivo para identificar correctamente los casos sin depresión.
- F1-Score de 78% refleja un buen equilibrio entre precisión y sensibilidad.
- AUC-ROC de 77% indica que el modelo tiene una capacidad aceptable para diferenciar entre las clases, pero podría beneficiarse de ajustes adicionales.

5.2.3.7.2 Bosques Aleatorios

Este método de aprendizaje supervisado utiliza múltiples árboles de decisión para mejorar la precisión y robustez de las predicciones. Con 10,000 árboles y el criterio de entropía, el modelo se entrenó con un 80% de los datos y se evaluó con un 20%.

a. Matriz de confusión.

El modelo clasificó correctamente 2 casos de personas sin depresión y 9 casos de personas con depresión. Clasificó incorrectamente 6 casos de personas sin depresión como con depresión y 3 casos de personas con depresión como sin depresión. La Tabla 7 muestra la Matriz de Confusión para el algoritmo de Bosques Aleatorios.

Tabla 7. Matriz de Confusión para Bosques Aleatorios

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	2	6
Clase Real: 1	3	9

Las métricas obtenidas son:

b. Exactitud (Accuracy)**:** 0.55

El modelo fue preciso en el 55% de los casos. Esto indica que el modelo predijo correctamente 11 de los 20 casos.

c. Precisión (Precision)**:** 0.60

De todas las predicciones de personas con depresión, el 60% fueron correctas. Esto refleja la capacidad del modelo para evitar falsos positivos en la detección de depresión.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.75

El modelo identificó correctamente el 75% de los casos de depresión. Esto indica una buena capacidad para detectar verdaderos positivos, aunque con margen de mejora.

e. Especificidad: 0.25

El modelo identificó correctamente solo el 25% de los casos sin depresión, lo que sugiere que está clasificando incorrectamente una gran proporción de casos negativos

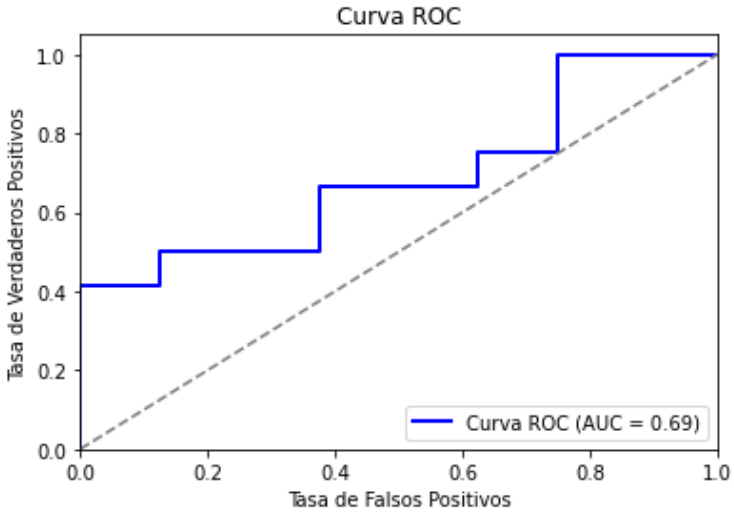
f. F1-Score**:** 0.67

El F1-Score combina precisión y sensibilidad, reflejando un equilibrio razonable entre ambos con un valor de 67%.

g. ROC con su área bajo la curva (AUC)**:** 0.69

Un AUC de 69% indica que el modelo tiene una capacidad moderada para diferenciar entre las clases de depresión y no depresión. El valor está en un rango aceptable pero puede ser mejorado. La Gráfica 3 muestra la ACU-ROC para el algoritmo de Árboles Aleatorios.

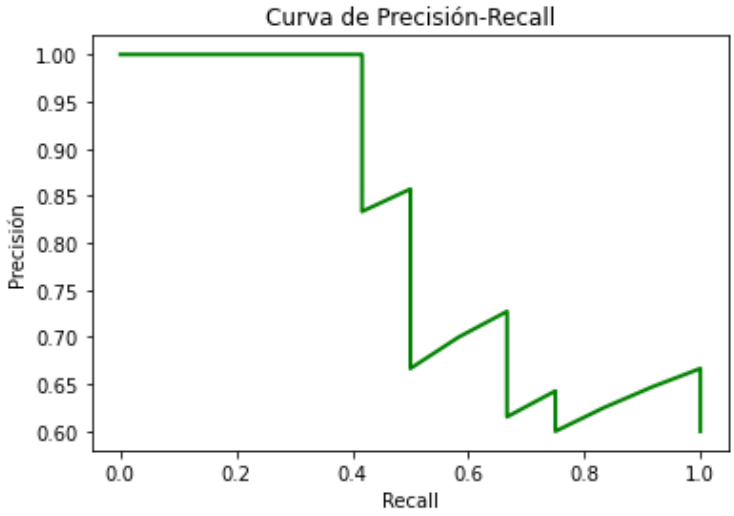
La curva ROC muestra la tasa de verdaderos positivos frente a la tasa de falsos positivos a diferentes umbrales. El área bajo la curva (AUC) es de 0.69, lo que indica que el modelo tiene un buen rendimiento para distinguir entre las clases de depresión y no depresión.



Gráfica 3. Curva ROC-AUC para Bosques Aleatorios

h. Curva de Precisión-Recall

El modelo muestra una precisión moderada y una buena capacidad para detectar casos positivos (alta sensibilidad), pero tiene dificultades para identificar correctamente los casos negativos (baja especificidad). La curva de precisión-recall revelará cómo el modelo maneja la precisión y el recall en diferentes umbrales. La Gráfica 4 muestra la Curva de Precisión-Recall para Bosques Aleatorios



Gráfica 4. Curva de Precisión-Recall para Bosques Aleatorios

El modelo de Bosques Aleatorios ha mostrado un rendimiento variable en la predicción de la depresión postparto:

- Exactitud del 55% indica que el modelo aún necesita mejoras significativas.
- Precisión del 60% y Sensibilidad del 75% sugieren que el modelo es mejor en identificar casos de depresión que en evitar falsos positivos.

- Especificidad baja del 25% sugiere que el modelo tiene dificultades para identificar correctamente los casos sin depresión.
- AUC-ROC de 69% indica que el modelo tiene una capacidad moderada para diferenciar entre las clases, pero podría beneficiarse de ajustes adicionales o de la exploración de otros algoritmos o hiperparámetros.

5.2.3.7.3 Árboles de Decisión

Este método de aprendizaje supervisado utiliza un árbol de decisión para realizar clasificaciones. El modelo se entrenó con un 80% de los datos y se evaluó con un 20%.

a. Matriz de confusión.

El modelo clasificó correctamente 3 casos de personas sin depresión y 5 casos de personas con depresión. Clasificó incorrectamente 3 casos de personas sin depresión como con depresión y 9 casos de personas con depresión como sin depresión. La Tabla 8 muestra la Matriz de Confusión para el algoritmo de Árboles de Decisión.

Tabla 8 Matriz de Confusión para Árboles de Decisión

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	3	3
Clase Real: 1	9	5

Las métricas obtenidas son:

b. *Exactitud (Accuracy):* 0.40

El modelo fue preciso en el 40% de los casos. Esto indica que el modelo predijo correctamente 8 de los 20 casos.

c. Precisión (Precision)**:** 0.63

De todas las predicciones de personas con depresión, el 63% fueron correctas. Esto refleja una capacidad modeerada del modelo para evitar falsos positivos en la detección de depresión.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.36

El modelo identificó correctamente el 36% de los casos de depresión. Esto indica una capacidad limitada para detectar verdaderos positivos, sugiriendo que el modelo está perdiendo muchos casos de depresión con este algoritmo.

e. Especificidad: 0. 50

El modelo identificó correctamente el 50% de los casos sin depresión, lo que sugiere una capacidad modereada para clasificar correctamente los casos negativos

f. F1-Score**:** 0.45

El F1-Score combina precisión y sensibilidad, reflejando un equilibrio bajo entre ambos con un valor de 45%.

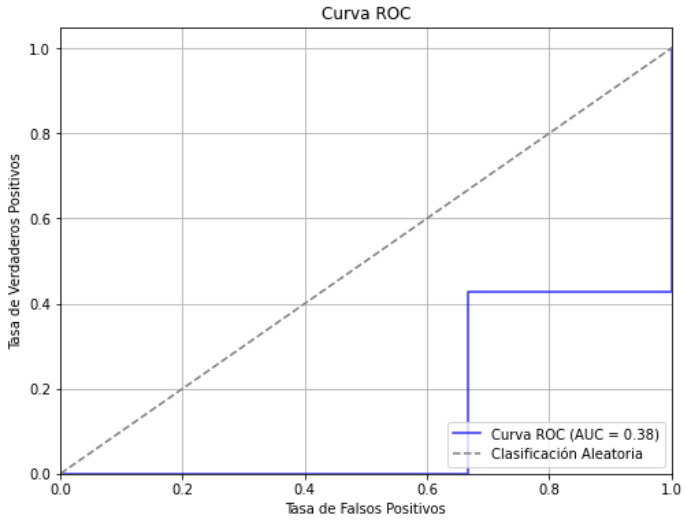
g. AUC-ROC con su área bajo la curva (AUC)**:** 0.52

Un AUC de 52% indica que el modelo tiene una capacidad apenas superior al azar para diferenciar entre las clases de depresión y no depresión. Este valor está muy cerca de 0.5, lo que sugiere que el modelo no está funcionando mucho mejor que una predicción aleatoria.

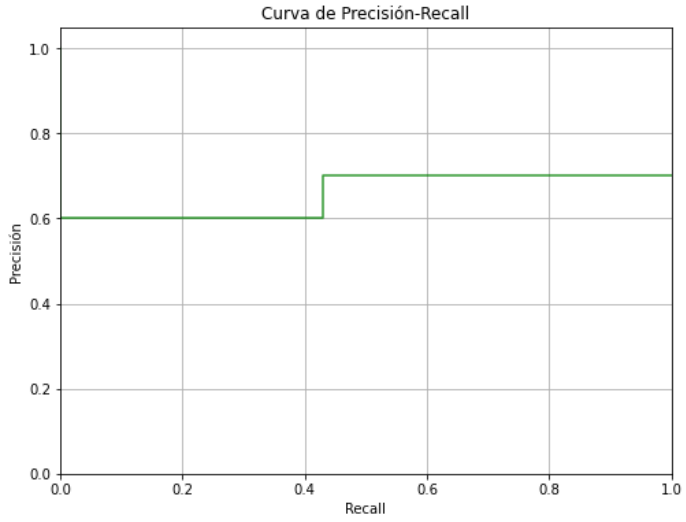
La curva ROC muestra la tasa de verdaderos positivos frente a la tasa de falsos positivos a diferentes umbrales. El área bajo la curva (AUC) es de 52%, lo que indica que el modelo tiene un rendimiento apenas superior al azar para distinguir entre las clases de depresión y no depresión. La Gráfica 5 muestra la ACU-ROC para el algoritmo de Árboles de Decisión.

h. Curva de Precisión-Recall: 0.75

El modelo muestra una precisión moderada y una baja capacidad para detectar casos positivos (baja sensibilidad). La precisión promedio de 75% sugiere que el modelo podría tener un mejor rendimiento en ciertos rangos de umbral de decisión, pero esto contrasta con su bajo rendimiento general. La Gráfica 6 muestra la Curva de Precisión-Recall para el algoritmo de Árboles de Decisión.



Gráfica 5 Curva ROC-AUC para Árboles de Decisión



Gráfica 6 Curva de Precisión-Recall para Árboles de Decisión

El modelo de Árboles de Decisión ha mostrado un rendimiento deficiente en la predicción de la depresión postparto:

- Exactitud del 40% indica que el modelo aún necesita mejoras significativas.
- Precisión del 63% sugiere que cuando el modelo predice depresión, es correcto más de la mitad de las veces, pero aún hay un margen considerable de error.
- Sensibilidad baja del 36% indica que el modelo está perdiendo muchos casos reales de depresión, lo cual es preocupante en un contexto clínico.
- Especificidad del 50% sugiere que el modelo tiene una capacidad moderada para identificar correctamente los casos sin depresión.
- AUC-ROC de 52% sugiere que el modelo apenas supera una predicción aleatoria.

5.2.3.7.3 K-nearest Neighbors (KNN)

Este método de aprendizaje supervisado clasifica nuevos casos basándose en la similitud (distancia) con casos ya conocidos. Con K=5 y utilizando la distancia euclidiana, el modelo se entrenó con un 80% de los datos y se evaluó con un 20%.

a. Matriz de confusión.

El modelo clasificó correctamente 4 casos de personas sin depresión y 9 casos de personas con depresión. Clasificó incorrectamente 5 casos de personas sin depresión como con depresión y 5 casos de personas con depresión como sin depresión. La Tabla 9 muestra la Matriz de Confusión para el algoritmo de Árboles Aleatorios.

Tabla 9 Matriz de Confusión para KNN

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	4	5
Clase Real: 1	5	9

Las métricas obtenidas son:

b. *Exactitud (Accuracy)**:*** 0.57

El modelo fue preciso en el 57% de los casos. Esto indica que el modelo predijo correctamente 13 de los 20 casos.

c. Precisión (Precision)**:** 0.64

De todas las predicciones de personas con depresión, el 64% fueron correctas. Esto refleja una baja capacidad del modelo para evitar falsos positivos en la detección de depresión.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.64

El modelo identificó correctamente el 64% de los casos de depresión. Esto indica una capacidad moderada para detectar verdaderos positivos, aunque hay margen de mejora.

e. Especificidad: 0.44

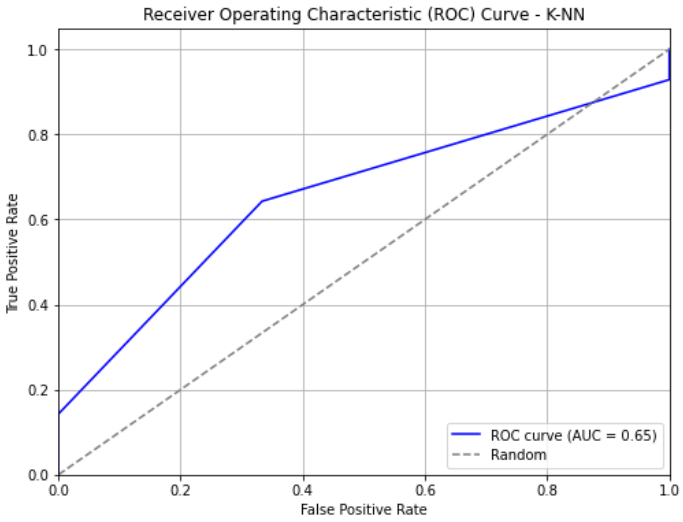
El modelo identificó correctamente el 44% de los casos sin depresión, lo que sugiere una capacidad baja para clasificar correctamente los casos negativos.

f. F1-Score**:** 0.64

El F1-Score combina precisión y sensibilidad, reflejando un equilibrio bajo entre ambos con un valor de 64%.

g. AUC-ROC con su área bajo la curva (AUC)**:** 0.65

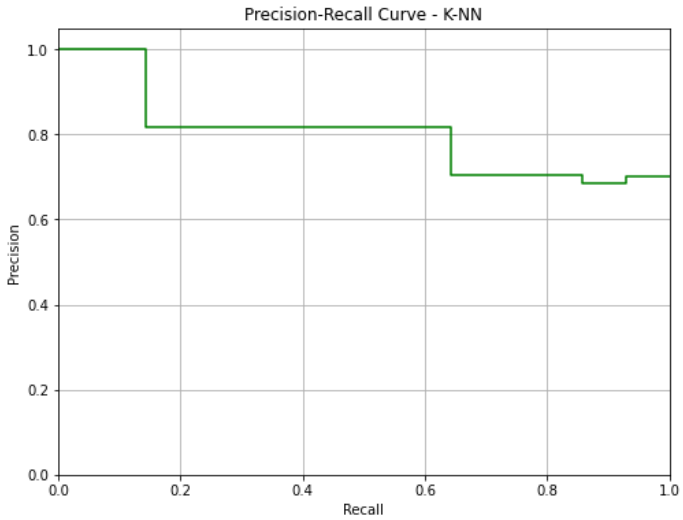
Un AUC de 65% indica que el modelo tiene una capacidad moderada para diferenciar entre las clases de depresión y no depresión. El valor está en un rango aceptable pero puede ser mejorado. La Gráfica 7 muestra la ACU-ROC para el algoritmo de KNN.



Gráfica 7 Curva ROC-AUC para KNN

h. Curva de Precisión-Recall: 0.80

Este valor sugiere que, en promedio, la precisión del modelo a través de diferentes umbrales de clasificación es del 80%. Esto indica un buen rendimiento general en términos de precisión. La Gráfica 8 muestra la Curva de Precisión-Recall para el algoritmo de KNN.



Gráfica 8 Curva de Precisión-Recall para KNN

El modelo K-NN ha mostrado un rendimiento moderado en la predicción de la depresión postparto:

- La exactitud del 57% indica que el modelo tiene una capacidad predictiva por encima del azar, pero aún hay margen significativo para mejoras.
- La precisión del 64% sugiere que cuando el modelo predice depresión, no es muy probable que esté en lo correcto.
- La sensibilidad y especificidad moderadas (64% y 64% respectivamente) indican que el modelo tiene un equilibrio razonable en la detección de casos positivos y negativos.
- El AUC-ROC de 65% confirma que el modelo tiene una capacidad discriminativa moderada.

5.2.3.7.4 Máquinas de Soporte Vectorial (SVM)

Este método de aprendizaje supervisado busca encontrar un hiperplano que separe de manera óptima las clases en un espacio de características de alta dimensión. El modelo se entrenó con un 80% de los datos y se evaluó con un 20%, utilizando la implementación de scikit-learn con los hiperparámetros optimizados mediante búsqueda en cuadrícula.

a. Matriz de confusión.

El modelo clasificó correctamente 3 casos de personas sin depresión y 9 casos de personas con depresión. Clasificó incorrectamente 3 casos de personas sin depresión como con depresión y 5 casos de personas con depresión como sin depresión. La Tabla 10 muestra la Matriz de Confusión para el algoritmo de Árboles Aleatorios.

Tabla 10 Matriz de Confusión para MSV

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	3	3
Clase Real: 1	5	9

Las métricas obtenidas son:

b. *Exactitud (Accuracy):* 0.60

El modelo fue preciso en el 60% de los casos. Esto indica que el modelo predijo correctamente 12 de los 20 casos.

c. Precisión (Precision)**:** 0.75

De todas las predicciones de personas con depresión, el 75% fueron correctas. Esto refleja una buena capacidad del modelo para evitar falsos positivos en la detección de depresión.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.64

El modelo identificó correctamente el 64% de los casos de depresión. Esto indica una capacidad moderada para detectar verdaderos positivos, aunque hay margen de mejora.

e. Especificidad: 0.50

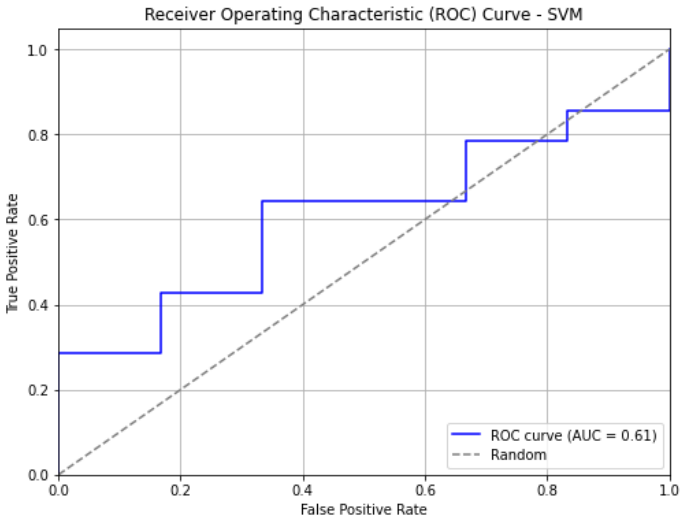
El modelo identificó correctamente el 50% de los casos sin depresión, lo que sugiere una capacidad limitada para clasificar correctamente los casos negativos.

f. F1-Score**:** 0.69

El F1-Score combina precisión y sensibilidad, reflejando un equilibrio razonable entre ambos con un valor de 0.6923.

g. AUC-ROC con su área bajo la curva (AUC)**:** 0.60

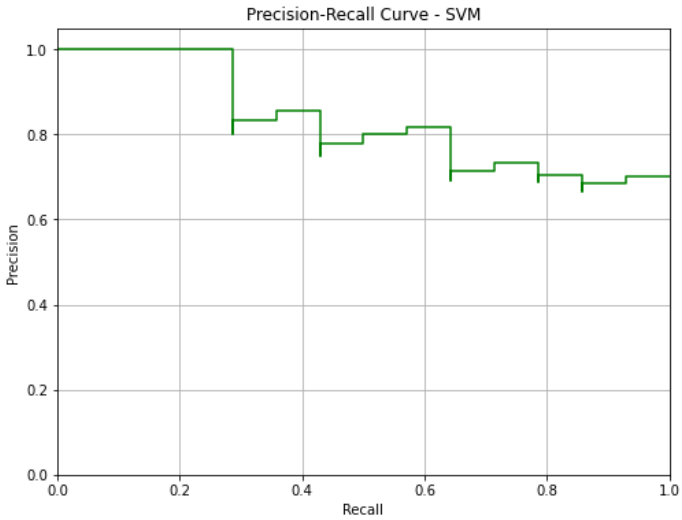
Un AUC de 60% indica que el modelo tiene una capacidad moderada para diferenciar entre las clases de depresión y no depresión. El valor está ligeramente por encima del azar (50%), pero hay margen significativo para mejoras. La Gráfica 9 muestra la ACU-ROC para el algoritmo de KNN.



Gráfica 9 Curva ROC-AUC para MSV

h. Curva de Precisión-Recall: 0.83

Este valor sugiere que, en promedio, la precisión del modelo a través de diferentes umbrales de clasificación es del 83%. Esto indica un buen rendimiento general en términos de precisión. La Gráfica 10 muestra la Curva de Precisión-Recall para el algoritmo de MSV.



Gráfica 10 Curva de Precisión-Recall para MSV

El modelo MSV ha mostrado un rendimiento moderado en la predicción de la depresión postparto:

- La exactitud del 60% indica que el modelo tiene una capacidad predictiva por encima del azar, pero aún hay margen significativo para mejoras.
- La alta precisión del 75% sugiere que cuando el modelo predice depresión, es probable que esté en lo correcto.
- La sensibilidad moderada del 64% indica que el modelo detecta una proporción razonable de casos positivos, pero aún pierde algunos.
- La baja especificidad del 50% sugiere que el modelo tiene dificultades para identificar correctamente los casos sin depresión, lo cual es un área de preocupación.
- El AUC-ROC del 60% confirma que el modelo tiene una capacidad discriminativa moderada, pero cercana al azar.

5.2.3.7.5 Naive Bayes

Este método de aprendizaje supervisado se basa en el teorema de Bayes y asume la independencia entre las características. Se utilizó la implementación Gaussian Naive Bayes de scikit-learn. El modelo se entrenó con un 80% de los datos y se evaluó con un 20%.

a. Matriz de confusión.

El modelo clasificó correctamente 4 casos de personas sin depresión y 9 casos de personas con depresión. Clasificó incorrectamente 2 casos de personas sin depresión como con depresión y 9 casos de personas con depresión como sin depresión. La Tabla 11 muestra la Matriz de Confusión para el algoritmo de Naive Bayes.

Tabla 11 Matriz de Confusión para Naive Bayes

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	4	2
Clase Real: 1	9	9

Las métricas obtenidas son:

b. *Exactitud (Accuracy):* 0.54

El modelo fue preciso en el 54% de los casos. Esto indica que el modelo predijo correctamente 9 de los 20 casos, lo cual es un poco mayor al rendimiento esperado por azar (50%).

c. Precisión (Precision)**:** 0.82

De todas las predicciones de personas con depresión, el 82% fueron correctas. Esto refleja una buena capacidad del modelo para evitar falsos positivos en la detección de depresión.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.50

El modelo identificó correctamente el 50% de los casos de depresión. Esto indica una capacidad moderada para detectar verdaderos positivos, sugiriendo que el modelo está perdiendo muchos casos de depresión.

e. Especificidad: 0.67

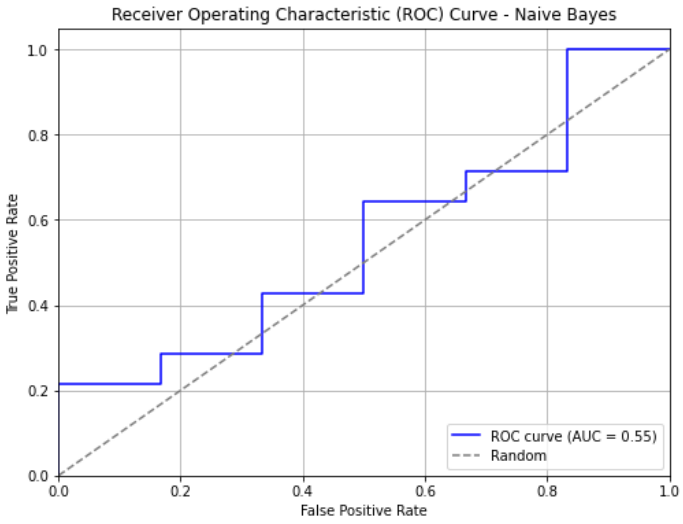
El modelo identificó correctamente el 67% de los casos sin depresión, lo que sugiere una capacidad moderada para clasificar correctamente los casos negativos.

f. F1-Score**:** 0.62

El F1-Score combina precisión y sensibilidad, reflejando un equilibrio entre ambos con un valor de 62%, indicando un rendimiento en general pobre del modelo.

g. AUC-ROC con su área bajo la curva (AUC)**:** 0.55

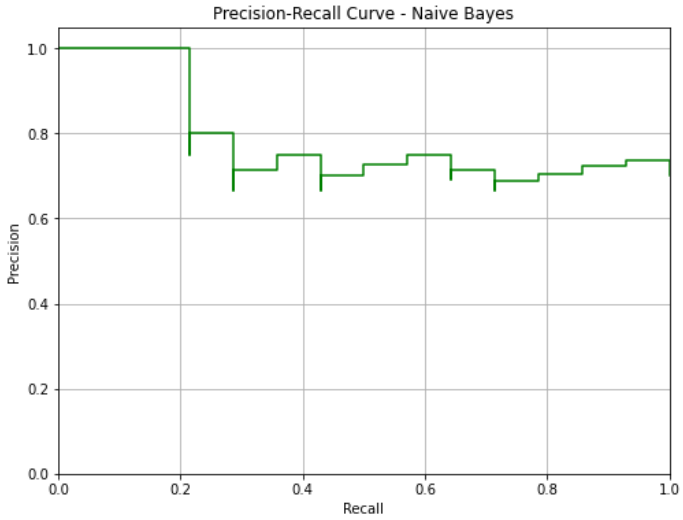
Un AUC de 55% indica que el modelo tiene una capacidad apenas superior al azar para diferenciar entre las clases de depresión y no depresión. Este valor está muy cerca de 50%, lo que sugiere que el modelo no está funcionando mucho mejor que una predicción aleatoria. La Gráfica 11 muestra la ACU-ROC para el algoritmo de Naive Bayes.



Gráfica 11 Curva ROC-AUC para Naive Bayes

h. Curva de Precisión-Recall: 0.78

Este valor sugiere que, en promedio, la precisión del modelo a través de diferentes umbrales de clasificación es del 78%. Esto podría indicar que el modelo tiene un mejor rendimiento en ciertos rangos de umbral de decisión. La Gráfica 12 muestra la Curva de Precisión-Recall para el algoritmo de Naive Bayes.



Gráfica 12 Curva de Precisión-Recall para Naive Bayes

El modelo Naive Bayes ha mostrado un rendimiento moderado en la predicción de la depresión postparto:

- La exactitud del 54% indica que el modelo está funcionando peor que el azar y necesita mejoras significativas.
- La alta precisión de 82% sugiere que cuando el modelo predice depresión, es correcto más de dos tercios de las veces, pero esto se ve contrarrestado por la baja sensibilidad.
- La sensibilidad baja de 50% indica que el modelo está perdiendo muchos casos reales de depresión, lo cual es preocupante en un contexto clínico.
- La especificidad moderada de 67% sugiere que el modelo es mejor identificando casos sin depresión que casos con depresión.
- El AUC-ROC de 55% confirma que el modelo apenas supera una predicción aleatoria.

5.2.3.7.6 Redes Neuronales Artificiales (RN)

Este método de aprendizaje supervisado utiliza una red neuronal artificial con múltiples capas para clasificar los datos. El modelo se entrenó con un 80% de los datos y se evaluó con un 20%, utilizando la implementación de scikit-learn con los siguientes hiperparámetros optimizados: función de activación 'tanh', alpha (término de regularización) 0.0001, arquitectura de capas ocultas (50, 50), y tasa de aprendizaje constante.

a. Matriz de confusión.

El modelo clasificó correctamente 5 casos de personas sin depresión y 7 casos de personas con depresión. Clasificó incorrectamente 1 caso de persona sin depresión como con depresión y 7 casos de personas con depresión como sin depresión. La Tabla 12 muestra la Matriz de Confusión para el algoritmo de Redes Neuronales.

Tabla 12 Matriz de Confusión para Redes Neuronales

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	5	1
Clase Real: 1	7	7

Las métricas obtenidas son:

b. *Exactitud (Accuracy)**:*** 0.60

El modelo fue preciso en el 60% de los casos. Esto indica que el modelo predijo correctamente 12 de los 20 casos.

c. Precisión (Precision)**:** 0.88

De todas las predicciones de personas con depresión, el 88% fueron correctas. Esto refleja una muy buena capacidad del modelo para evitar falsos positivos en la detección de depresión.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.50

El modelo identificó correctamente el 50% de los casos de depresión. Esto indica una capacidad moderada para detectar verdaderos positivos, aunque hay margen significativo de mejora.

e. Especificidad: 0.83

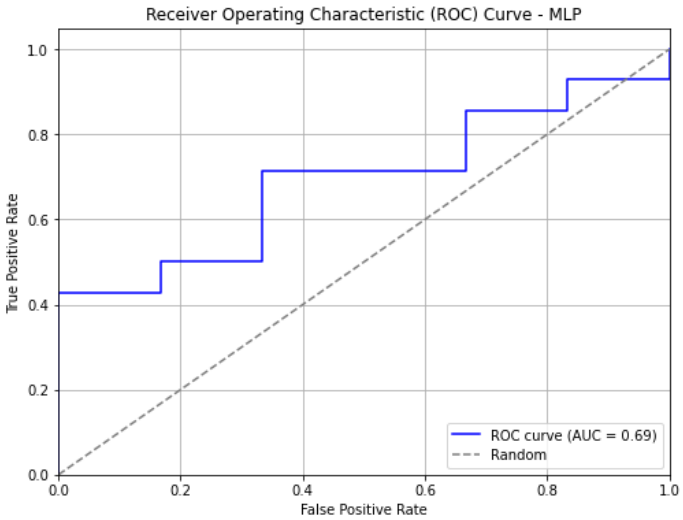
El modelo identificó correctamente el 83% de los casos sin depresión, lo que sugiere una buena capacidad para clasificar correctamente los casos negativos.

f. F1-Score**:** 0.64

El F1-Score combina precisión y sensibilidad, reflejando un equilibrio moderado entre ambos con un valor de 64%.

g. AUC-ROC con su área bajo la curva (AUC)**:** 0.69

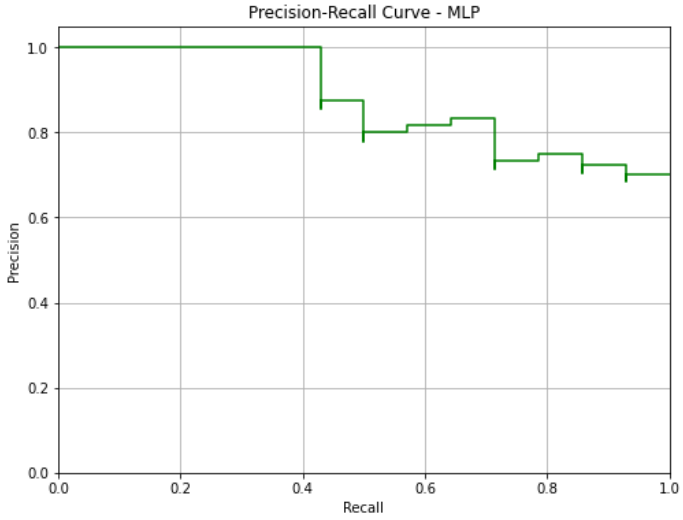
Un AUC de 0.6905 indica que el modelo tiene una capacidad moderada para diferenciar entre las clases de depresión y no depresión. El valor está por encima del azar (0.5), mostrando un rendimiento aceptable. La Gráfica 13 muestra la ACU-ROC para el algoritmo de Redes Neuronales.



Gráfica 13 Curva ROC-AUC para Redes Neuronales

h. Curva de Precisión-Recall: 0.87

Este valor sugiere que, en promedio, la precisión del modelo a través de diferentes umbrales de clasificación es del 87%. Esto podría indicar que el modelo tiene un mejor rendimiento en ciertos rangos de umbral de decisión. La Gráfica 14 muestra la Curva de Precisión-Recall para el algoritmo de Naive Bayes.



Gráfica 14 Curva de Precisión-Recall para Redes Neuronales

El modelo Redes Neuronales ha mostrado un rendimiento moderado en la predicción de la depresión postparto:

- La exactitud del 60% indica que el modelo tiene una capacidad predictiva por encima del azar, pero aún hay margen significativo para mejoras.
- La alta precisión del 88% sugiere que cuando el modelo predice depresión, es muy probable que esté en lo correcto.
- La sensibilidad moderada del 50% indica que el modelo detecta la mitad de los casos reales de depresión, lo cual es preocupante en un contexto clínico y necesita mejora.
- La alta especificidad del 83% sugiere que el modelo es muy bueno identificando casos sin depresión.
- El AUC-ROC de 69% confirma que el modelo tiene una capacidad discriminativa moderada.

5.2.3.7.6 Regresión Logística (RL)

Este método de aprendizaje supervisado se utiliza para problemas de clasificación binaria, modelando la probabilidad de que una instancia pertenezca a una clase particular. El modelo se entrenó con un 80% de los datos y se evaluó con un 20%, utilizando la implementación de scikit-learn con los parámetros por defecto.

a. Matriz de confusión.

El modelo clasificó correctamente 3 casos de personas sin depresión y 8 casos de personas con depresión. Clasificó incorrectamente 3 casos de personas sin depresión como con depresión y 6 casos de personas con depresión como sin depresión. La Tabla 13 muestra la Matriz de Confusión para el algoritmo de Redes Neuronales.

Tabla 13 Matriz de Confusión para Regresión Logística

	Clase Predicha: 0	**Clase Predicha: 1**
Clase Real: 0	3	3
Clase Real: 1	6	8

Las métricas obtenidas son:

b. *Exactitud (Accuracy)**:*** 0.55

El modelo fue preciso en el 55% de los casos. Esto indica que el modelo predijo correctamente 11 de los 20 casos, lo cual es apenas superior al azar.

c. Precisión (Precision)**:** 0.73

De todas las predicciones de personas con depresión, el 73% fueron correctas. Esto refleja una buena capacidad del modelo para evitar falsos positivos en la detección de depresión.

d. Sensibilidad (Recall)**:** 0.57

El modelo identificó correctamente el 57% de los casos de depresión. Esto indica una capacidad moderada para detectar verdaderos positivos, aunque hay margen de mejora.

e. Especificidad: 0.50

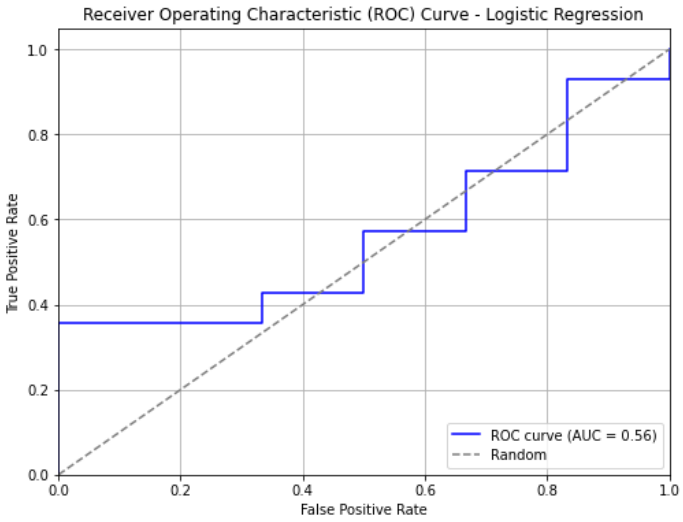
El modelo identificó correctamente el 50% de los casos sin depresión, lo que sugiere una capacidad limitada para clasificar correctamente los casos negativos.

f. F1-Score**:** 0.64

El F1-Score combina precisión y sensibilidad, reflejando un equilibrio moderado entre ambos con un valor de 64%.

g. AUC-ROC con su área bajo la curva (AUC)**:** 0.55

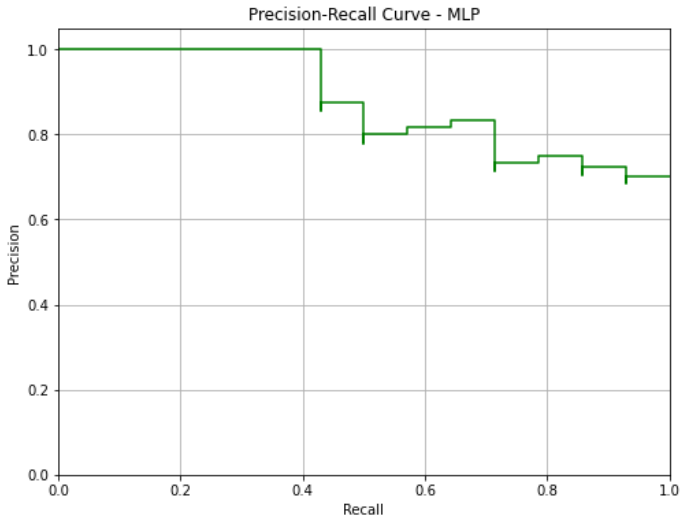
Un AUC de 0.5595 indica que el modelo tiene una capacidad apenas superior al azar para diferenciar entre las clases de depresión y no depresión. Este valor está muy cerca de 0.5, lo que sugiere que el modelo no está funcionando mucho mejor que una predicción aleatoria. La Gráfica 15 muestra la ACU-ROC para el algoritmo de Redes Neuronales.



Gráfica 15 Curva ROC-AUC para Regresión Logística

h. Curva de Precisión-Recall: 0.81

Este valor sugiere que, en promedio, la precisión del modelo a través de diferentes umbrales de clasificación es del 81.42%. Esto podría indicar que el modelo tiene un mejor rendimiento en ciertos rangos de umbral de decisión. La Gráfica 16 muestra la Curva de Precisión-Recall para el algoritmo de Regresión Logística.



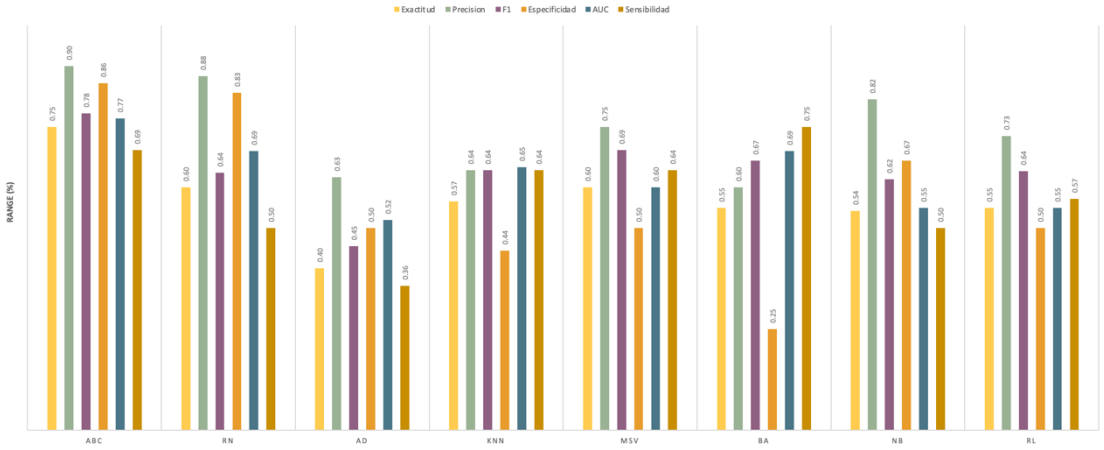
Gráfica 16 Curva de Precisión-Recall para Regresión Logística

El modelo Regresión Logística ha mostrado un rendimiento moderado en la predicción de la depresión postparto:

- La exactitud del 55% indica que el modelo está funcionando apenas mejor que el azar y necesita mejoras significativas.
- La precisión relativamente alta del 73% sugiere que cuando el modelo predice depresión, es correcto más de dos tercios de las veces.
- La sensibilidad moderada del 57% indica que el modelo está detectando un poco más de la mitad de los casos reales de depresión, lo cual es preocupante en un contexto clínico.
- La baja especificidad del 50% sugiere que el modelo tiene dificultades para identificar correctamente los casos sin depresión.
- El AUC-ROC del 55% confirma que el modelo apenas supera una predicción aleatoria.

Basado en modelos de clasificación y regresión implementados con el objetivo de predecir la clase binaria de PPD la Gráfica 17 presenta la comparación del

desempeño de varios modelos en la predicción de PPD para nuestra investigación.



Gráfica 17 Comparación del rendimiento de varios algortitmos de ML

De la misma forma, la Tabla 14 Presenta el desempeño de las métricas de ML con los diferentes algoritmos implementados. Como podemos ver, para Exactitud Ada Bost Classifier (ABC) supera al resto de clasificadores con un 75%, seguido de Redes Neuronales (RN) y MSV con un 60%, y de KNN con un 57%. La Precisión para el ABC con un 90% supera a los otros clasificadores. Este es seguido por RN con un 88% y por NB con un 82%. La Sensibilidad (Recall) para el ABC es del 69%, el cual es menor quel 75% de Bosques Aleatorios, un poco mayor que el 64% de KNN y MSV. El F1-Score para ABC es del 78% seguido de MSV con un 69% y BA con un 67%. La Especificidad para ABC es del 86% seguido de RN con un 83% y NB con un 67%. Finalmente, el AUC para ABC es del 77%, que es el valor más alto, este es seguido por RN y BA con un 69%. Estos resultados muestran que a través de métricas asociadas a la matriz de confusión y analizando el desempeño del modelo, nuestro modelo ABC obtuvo excelentes resultados para predecir PPD.

Tabla 14. Rendimiento de las métricas de ML con diferentes algoritmos

Medida	ABC	RN	AD	KNN	MSV	BA	NB	RL
Exactitud	0.75	0.60	0.40	0.57	0.60	0.55	0.54	0.55
Precisión	0.90	0.88	0.63	0.64	0.75	0.60	0.82	0.73
Sensibilidad	0.69	0.50	0.36	0.64	0.64	0.75	0.50	0.57
F1-Score	0.78	0.64	0.45	0.64	0.69	0.67	0.62	0.64
Especificidad	0.86	0.83	0.50	0.44	0.50	0.25	0.67	0.50
AUC	0.77	0.69	0.52	0.65	0.60	0.69	0.55	0.55

En base a las métricas anteriores, se eligió el algoritmo Ada Boost Classifier como el algoritmo para implementarse en la siguiente Fase de la investigación. Es decir, la construcción de la Aplicación Móvil Multiplataforma que permita la detección de la Depresión Postparto.

El modelo se generó utilizando Python y sus librerías, en un procesador Dell: CPU Intel(R) Core (TM) i3-7130U, @2.70 GHz, RAM 4GB laptop.

5.2 Fase 2. Crear una aplicación móvil multiplataforma que permita la predicción y detección de la Depresión Posparto.

En esta fase se creó la aplicación móvil multiplataforma en iOS y Android para ayudar a la predicción de la depresión posparto mediante el consumo de de apis utilizando el modelo previamente creado. Esta aplicación incluye en el BackEnd el modelo de detección de depresión posparto determinado en la etapa anterior, así como la implementación del Test de Edimburgo. De la misma manera, en el FrontEnd, se encuentran implementados los componentes descritos en la sección análisis de requerimientos.

5.2.1 Etapa 1. Crear una aplicación móvil multiplataforma para la clasificación de la Depresión Postparto usando el modelo previamente creado en la Primera Etapa

Una vez que la mamá se haya registrado, podrá iniciar sesión, cuando inicie sesión por primera vez y antes de avanzar al menú principal se desplegará una pantalla con un menú preguntándole si desea responder un cuestionario que permitirá analizar si tiene o no depresión, cuando le de aceptar abrirá una ventana con un formulario con una serie de preguntas referente a su estatus sociodemográfico, de no aceptar llenar el formulario la sesión se cerrará.

La aplicación móvil permitirá llevar el progreso de la prueba que realizará la madre, así mismo, se incluirá una línea de tiempo donde consultará y comparará su historial de pruebas que realizó. Además, dicha aplicación móvil le hará sugerencias sobre los diferentes especialistas a los que pudiese acudir basado en su nivel de depresión (leve, moderada o grave).

La aplicación estará diseñada para mamás embarazadas o en posparto que quieran saber si cuenta con algún nivel de depresión posparto.

A continuación, se identificaron los usuarios y sus roles correspondientes los cuales se detallan a continuación:

Usuario Administrador: Este rol es el responsable de la administración y configuración del sistema, así como de la gestión de los usuarios y la seguridad de los datos almacenados. Los administradores de sistemas deben tener acceso completo al sistema para poder realizar tareas de activación o aceptación de cuentas.

Usuario solo lectura: En este rol los usuarios unicamnete podrán visualizar la información almacenada, sin poder realizar ningún tipo de cambios o actulizaciones.

Usuarios normales: Son usuarios o mamás que utilizaran la aplicación móvil

5.2.1.1 Metodología de desarrollo

La metodología de desarrollo que se siguió para el desarrollo de este proyecto de investigación fue llevando a cabo las etapas de:

a. Análisis de Requerimientos.
b. Diseño
c. Desarrollo

d. Pruebas
e. Despliegue

En las siguientes secciones se describirán cada una de estas etapas de desarrollo.

5.2.1.2 Análisis de requerimientos

En el análisis de requerimientos se realiza el levantamiento de requerimientos o requisitos con el objetivo de mejorar la calidad del sistema. La determinación de los requisitos se lleva a cabo considerando las necesidades del usuario final. Esta etapa incluye: a) Los objetivos de la aplicación, b) La identificación de usuarios y sus necesidades, c) Las funcionalidades de la aplicación, d) Las restricciones y requisitos, e) La especificación de requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación, f) El diagrama de secuencia de la App, g) El diagrama de casos de uso, así como h) Las historias de usuario.

5.2.1.2.1 Objetivos de la aplicación

Como parte de los requerimientos de la aplicación se han establecido algunos objetivos.

1. Automatizar el diagnostico de depresión post parto con la predicción a través algoritmos de inteligencia artificial.
2. Clasificar el nivel de depresión tomando como referencia el cuestionario de la Escala de Edimburgo y los resultados de la predicción.
3. Sugerir actividades que ayuden a la depresión postparto según el nivel de depresión

5.2.1.2.2 Identificación de usuarios y necesidades

Además, se realizó la identificación de usuarios y sus necesidades

Los usuarios quienes utilizarán la aplicación serán madres de diferentes edades, cuyas principales necesidades a cubrir serán las siguiente:

1. Acceso a la aplicación 24/7
2. Consultar su información y registros.
3. Diagnosticar y predecir la depresión post parto.
4. Ver las actividades según su nivel de depresión posparto.
5. Contar con una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar.

5.2.1.2.3 Funcionalidades de la aplicación

También, se establecieron las funcionalidades de la aplicación. Se requiere de una aplicación móvil multiplataforma para IOS y Android que permita a la mamá lo siguiente:

1. Introducir sus datos sociodemográficos y con base en ellos se le pueda diagnosticar si tiene o no tiene depresión postparto.
2. Realizar test o cuestionarios periódicos basados en la Escala de Depresión de Post-Parto de Edinburgo.
3. Revisar sus puntuaciones históricas de los cuestionarios de Escala de Depresión de Post-Parto de Edinburgh.
4. Visualizar el tipo de depresión leve, moderada y/o grave.
5. Visualizar medidas de prevención y/o tratamiento según su tipo de depresión (Leve, Moderada y/o grave).

5.2.1.2.4 Restricciones y requisitos.

A continuación de listan las siguientes restricciones y requisitos establecidos para la aplicación.

1. La aplicación debe ser compatible con las versiones de sistema operativo más recientes de IOS y Android.
2. La aplicación debe manejar grandes volúmenes de datos.

3. La aplicación debe ser segura y proteger la información de los usuarios.
4. La aplicación debe ser fácil de mantener y actualizar.

5.2.1.2.5 Especificacion de requisitos funcionales y no funcionales

En esta etapa se describe el comportamiento esperado en el software una vez desarrollado, a través de los requisitos funcionales, no funcionales, diagramas de casos de uso e historias de usuario.

Los requisitos funcionales describen las funciones específicas que el sistema debe realizar para cumplir con los objetivos del negocio, mientras que los requisitos no funcionales describen las características de calidad que el sistema debe tener para garantizar su correcto funcionamiento. La Tabla 15 muestra el listado de requisitos funcionales de la aplicación.

Tabla 15. Requisitos funcionales de la aplicación

Características	***Descripción***
Inicio de sesión	Este nos dará el ingreso a la aplicación con los datos: correo y contraseña
Registro	Al ser nueva nos pedirá registrarnos proporcionando algunos datos (nombre, correo, contraseña) y se le responderá a la solicitud con un correo de aprobación o negación, al recibir el correo de aceptación podemos continuar con el inicio de sesión
¿Olvidaste tu contraseña?	Al olvidar nuestra contraseña nos permitirá recuperar la contraseña
Cuestionario	Al iniciar sesión nos presentara un cuestionario para tomar los datos, al negarla esta se cierra
Inicio	En inicio nos presenta diferentes apartados informativos y sus componentes: 1. Mi salud mental: 1.1.- salud mental 2. Mi Embarazo 2.1.-¿Estas embarazada? 3. Mi bebe 3.1.-¿Ya eres mama?
Mis datos	Mis datos es un apartado que me muestra: 1. Ver resumen: (donde veremos resultados de las respuestas antes contestadas) 2. Resultados del test Edimburgo: donde nos mostrará resultados del test, como la fecha del último que se respondió) 3. Realizar test: En este apartado nos dará la opción de realizar el test, al finalizarlo nos anunciará los resultados y el estado de la depresión, nos dará los resultados de la encuesta sociodemográfica en base al análisis de los datos que se proporcionaron. Este nos llevara a 4. Resultados: Este nos mostrará los registros que se llevan y los resultados de estos.

Características	*Descripción*
	5. Contáctanos: Esto nos dirige a los consejos o contactos depende la gravedad de los resultados que se analizaron, ya sea el contacto de un profesional del tema en caso de gravedad o consejos con ejemplos visuales en caso de ser leve
Configuración	Configuración nos lleva a un apartado que nos muestra: 1. Preguntas frecuentes: Donde nos da los detalles informativos correspondiente a las preguntas que se presentan. 2. Aviso de privacidad que nos mostrará información sobre la información que la aplicación recolecta 3. Contáctanos: Nos dirige al inicio de sesión email 4. La opción de cerrar la sesión, que nos lleva al inicio

La Tabla 16 muestra el listado de requisitos no funcionales de la aplicación.

Tabla 16. Requisitos no funcionales de la aplicación

Características	Descripción
Interfaces de usuario	El cliente mostró un prototipo, aunque se dio la libertad de diseño del interfaz de usuario
Compatibilidad	La aplicación es compatible con dispositivos IOS y Android
Eficiencia	Es una aplicación publica por lo que el tiempo de interacción y uso de los recursos es libre.
Portabilidad	Se entregará el producto listo para ser implementado es posible acceder a la aplicación desde cualquier lugar o dispositivo móvil que tenga internet (Cumpliendo con los requisitos necesarios)
Restricciones de diseño y construcción	la Aplicación se tiene una idea por el cliente, aunque el color del interfaz de usuario es dependiente de la aplicación y la construcción el cliente tiene las opciones predeterminadas para este proyecto.
Seguridad	Es seguro, ya que tendrá un administrador que gestionará la administración y seguridad de la página además de análisis y gestora del proyecto (Cliente). Así mismo, se encargará de encriptar la contraseña y proteger la base de datos contra ataques externos por ejemplo de Inyección de código SQL.

5.2.1.2.6 Casos de uso

Definición de casos de uso de la aplicación.

A. Registro
    i. Usuario: Proporciona datos (Nombre, correo, contraseña, confirmación de su contraseña) para crear una nueva cuenta.

ii. Administrador: Recibe la solicitud de la nueva usuaria y, con base en los requisitos de este, aprueba o niega la solicitud con un correo de confirmación.

B. Inicio de Sesión
   i. Usuario: Introduce su correo y contraseña una vez recibido el correo de aprobación.
   ii. Administrador: Aprueba la cuenta para permitir su ingreso

C. Realiza encuesta
   i. Usuario: Una vez iniciará sesión se le mostrará la opción de realizar la encuesta para poder seguir adelante
   ii. Administrador: Recolecta los datos de la encuesta para analizarlos y clasificarlos

D. Realizar test
   i. Usuario: En la sección de datos puede realizar el test depresión postparto
   ii. Administrador: Toma los datos del test para clasificar y crear un informe

E. Restablecer Contraseña
   i. Usuario: Si el usuario llega a perder su contraseña este la puede restablecer en "¿Olvidaste tu contraseña?"
   ii. Administrador: Pedirá el correo al que se contactará mandando las instrucciones sobre cómo hacerlo

F. Consultar datos
   i. Usuario: En la sección "Mis datos" podrá ver los resultados de su test o realizarlo nuevamente, también

5.2.1.2.7 Diagrama de casos de uso de la aplicación

La Imagen 3 muestra el diagrama de casos de uso de la aplicación móvil. Este diagrama permite representar las interacciones entre los actores (usuarios u otros sistemas) y un sistema específico. Ademas, sirve para visualizar los

requisitos funcionales del sistema de una manera comprensible para todas las partes interesadas. También, facilita la comprensión del alcance y las funcionalidades clave, mejora la comunicación entre las partes involucradas, y sirve como una referencia sólida para el diseño y desarrollo de un sistema.

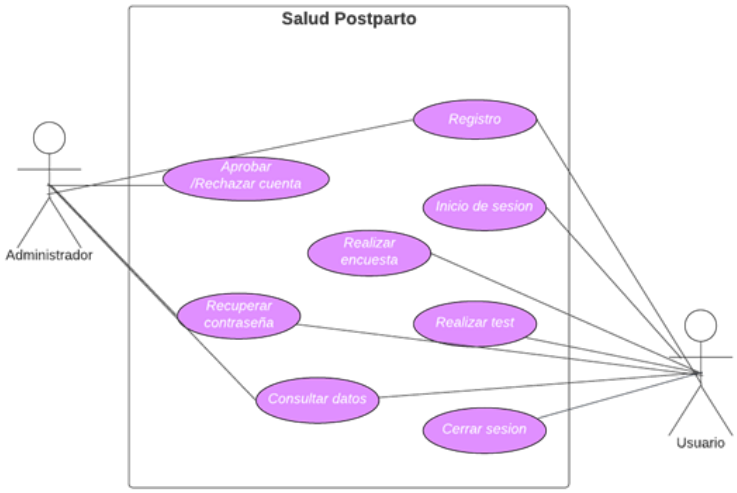


Imagen 3 Diagrama de Casos de Uso de la App.

5.2.1.2.8 Diagrama de secuencia

Un diagrama de secuencia es una herramienta fundamental para visualizar y entender cómo interactúan los objetos o actores en un sistema a lo largo del tiempo. Ayuda a diseñar, optimizar y comunicar la lógica interna de las interacciones, asegurando que todos los componentes colaboren correctamente para cumplir con las funcionalidades esperadas. La Imagen 4 muestra el diagrama de secuencia de la App.



Imagen 4. Diagrama de secuencia de la App

5.2.1.2.9 Historias de usuario para el rol Usuario

La Tabla 17 muestra el listado de Historias de Usuario para el rol Usuario que reflejan los requerimientos funcionales de la App.

Tabla 17. Listado de historias de usuario para el rol Usuario

ID	Descripción
HU1_Registro	El sistema debe permitir el registro de un nuevo usuario proporcionando datos (nombre, correo y contraseña) El registro será aprobado por medio de un correo de cumplir con los requisitos
HU2_Inicio de sesión	El usuario operador podrá ingresar a la aplicación luego de proporcionar su correo y contraseña
HU3_¿Olvidaste tu contraseña?	El usuario puede solicitar recuperar su contraseña, a lo que el sistema responderá con un correo con las indicaciones
HU4_Cuestionario	Al iniciar sesión, el sistema pedirá responder unas preguntas para poder analizar los datos del usuario antes de poder navegar en la app.
HU5_Inicio	En la sección de inicio el sistema muestra varios apartados con diferentes subsecciones con él información referente al embarazo
HU6_Salud Mental	Este apartado nos brinda información sobre la salud mental
HU7_¿Estas embarazada?	Este apartado nos brinda información sobre los síntomas de un embarazo
HU8_¿Ya eres mamá?	Este apartado proporciona consejos sobre como cuidar a un bebé
HU9_Mis datos	El apartado de “Mis datos” contiene la información del usuario, desde sus informes

ID	Descripción
HU10_Ver resumen	Este botón dirige a los resultados que se obtuvieron en la encuesta sociodemográfica y puntuación del cuestionario de Edimburgo
HU11_Ver más	Este botón nos dirige a "Actividades" donde podemos encontrar la sección "actividades" y "especialistas"
HU12_Consulta Psicológica	Nos muestra detalles de la actividad y un botón que nos dirige a reproducir el video desde YouTube de dicho tema.
HU13_Asistencia médica	Nos muestra detalles de la actividad y un botón que nos dirige a reproducir el video desde YouTube de dicho tema.
HU14_Especialistas	Esta sección nos muestra la información del especialista y la opción de tener información del mismo
HU15_Especialistas detalles	Nos brinda información del especialista y la opción de reproducir video que nos lleva la reproducción en YouTube
HU16_Realizar test	El apartado de realizar test se encuentra en "mis datos", el sistema recopila datos de este para realizar informes
HU17_Configuración	Este apartado muestra información que el usuario puede consultar, como preguntas frecuentes, aviso de privacidad y contactanos
HU18_Preguntas frecuentes	Esta sección nos muestra información sobre tema de cada una
HU19_Aviso de privacidad	Esta sección nos muestra la información del aviso de privacidad simplificado
HU20_Contactanos	Esta sección nos permite comunicarnos con el programador por medio de email.
HU21_Cerrar sesión	Este botón nos permite cerrar la sesión de la aplicación

La Tabla 18 muestra la descripción de la historia de usuario HU1_Registro.

Tabla 18. Historia de usuario HU1_Registro

ID: HU1_Registro	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Si el usuario desea registrarse en la aplicación proporcionará su nombre, correo y una contraseña	
Validación: Al registrarse el usuario el usuario, el administrador le comunicará si su cuenta fue aprobada por medio de correo	

La Tabla 19 muestra la descripción de la historia de usuario HU2_Inicio de sesión.

Tabla 19. Historia de usuario HU2_Inicio de sesión.

ID: HU2_Inicio de sesión	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Si el usuario desea ingresar a la aplicación el usuario proporcionará su correo y contraseña una vez aprobada su cuenta para poder ingresar a la aplicación	
Validación: Al ingresar los datos de inicio de sesión, accederá únicamente si el usuario fue aprobado	

La Tabla 20 muestra la descripción de la historia de usuario HU3_¿Olvidaste tu contraseña?

Tabla 20. Historia de usuario HU3_¿Olvidaste tu contraseña?

ID HU3_¿Olvidaste tu contraseña?	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Si desea cambiar o recuperar su contraseña el usuario registrado anteriormente, recibirá un correo con las instrucciones solicitadas	
Validación: Al recibir el correo con las instrucciones de recuperación se brindará un link para cambiar la contraseña, se confirmará que este fue realizado a través de un anuncio de éxito.	

La Tabla 21 muestra la descripción de la historia de usuario HU4_Cuestionario.

Tabla 21. Historia de usuario HU4_Cuestionario

ID: HU4_Cuestionario	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Se le pide al usuario a contestar una serie de preguntas relacionadas al tema para que la aplicación pueda analizar los datos	
Validación: Al responder todas las preguntas que este nos muestra nos mostrará un mensaje que nos avisa que los datos fueron guardados con éxito	

La Tabla 22 muestra la descripción de la historia de usuario HU5_Inicio.

Tabla 22. Historia de usuario HU5_Inicio

ID: HU5_Inicio	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El inicio le ofrece al usuario navegar entre varios títulos que le proporcionan al usuario información	
Validación: Al iniciar sesión y responder el cuestionario, el usuario podrá navegar los temas informativos que se encuentran en inicio	

La Tabla 23 muestra la descripción de la historia de usuario HU6_Salud Mental.

Tabla 23. Historia de usuario HU6_Salud Mental

ID: HU6_Salud Mental	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Este titulo contiene información de interés para el usuario	
Validación: Al iniciar sesión y responder el cuestionario, el usuario podrá navegar los temas informativos que se encuentran en inicio	

La Tabla 24 muestra la descripción de la historia de usuario HU7_¿Estas embarazada?

Tabla 24. Historia de usuario HU7_¿Estas embarazada?

ID: HU7_¿Estas embarazada?	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Este titulo contiene información acerca de los síntomas del embarazo	
Validación: Al iniciar sesión y responder el cuestionario, el usuario podrá navegar hacia el item de la pregunta¿Estás embarazada? Y obtener la información acerca de los síntomas del embarazo	

La Tabla 25 muestra la descripción de la historia de usuario HU8_¿Ya eres mamá?

Tabla 25. Historia de usuario HU8_¿Ya eres mamá?

ID: HU8_¿Ya eres mamá?	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Este titulo contiene información de interés para el usuario	
Validación: Al iniciar sesión y responder el cuestionario, el usuario podrá navegar los temas informativos que se encuentran en inicio	

La Tabla 26 muestra la descripción de la historia de usuario HU9_Mis datos.

Tabla 26. Historia de usuario HU9_Mis datos

ID: HU9_Mis datos	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Este apartado muestra al usuario los diferentes resultados e informes de la recolección de datos que se le presento anteriormente.	
Validación: Al iniciar sesión y acceder al apartado mis datos este mostrará los informes obtenidos de los datos que proporcione anteriormente, mostrará resultados del usuario.	

La Tabla 27 muestra la descripción de la historia de usuario HU10_Ver resumen.

Tabla 27. Historia de usuario HU10_Ver resumen

ID: HU10_Ver resumen	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Esta sección informa al usuario los resultados obtenidos de las encuestas que anteriormente contesto y el resumen de sus aplicaciones.	
Validación: Al iniciar sesión y acceder al apartado mis datos este mostrará los informes obtenidos de los datos que proporcione anteriormente, mostrará resultados del usuario.	

La Tabla 28 muestra la descripción de la historia de usuario HU11_Ver más.

Tabla 28. Historia de usuario HU11_Ver más

ID: HU11_Ver más	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Este botón permite al usuario dirigirse a la sección de actividades	
Validación: Al iniciar sesión y acceder al apartado mis datos este mostrará los informes obtenidos de los datos que proporcione anteriormente, las actividades que se pueden realizar con ejemplos visuales	

La Tabla 29 muestra la descripción de la historia de usuario HU12_Danza con bebé.

Tabla 29. Historia de usuario HU12_Danza con bebé

ID: HU12_Consulta Psicológica	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: En esta sección el usuario puede informarse sobre las actividades que se le recomiendan en base a sus resultados, detalla la actividad y permite tener una idea visual de lo que se habla	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, se le permite navegar por la aplicación en las diferentes secciones y títulos informativos.	

La Tabla 30 muestra la descripción de la historia de usuario HU13_Dia de campo familiar.

Tabla 30. Historia de usuario HU13_Dia de campo familiar

ID: HU13_Asistencia Médica	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: En esta sección el usuario puede informarse sobre las actividades que se le recomiendan en base a sus resultados, detalla la actividad y permite tener una idea visual de lo que se habla	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, se le permite navegar por la aplicación en las diferentes secciones y títulos informativos.	

La Tabla 31 muestra la descripción de la historia de usuario HU14_Especialistas.

Tabla 31. Historia de usuario HU14_Especialistas

ID: HU14_Especialistas	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: En esta sección el usuario puede informarse sobre el especialista que se recomienda	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, se le permite navegar por la aplicación en las diferentes secciones y títulos informativos.	

La Tabla 32 muestra la descripción de la historia de usuario HU15_Especialistas detalles.

Tabla 32. Historia de usuario : HU15_Especialistas detalles

ID: HU15_Especialistas detalles	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: En esta sección el usuario puede informarse sobre el especialista que se recomienda con apoyo visual	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, se le permite navegar por la aplicación en las diferentes secciones y títulos informativos.	

La Tabla 33 muestra la descripción de la historia de usuario HU16_Realizar test.

Tabla 33. Historia de usuario HU16_Realizar test.

ID: HU16_Realizar test	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Se da la opción de realizar el test para tener un mejor análisis de los datos e informes mas certeros	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, este puede obtener información de sus informes y terminar con el procedimiento de recolección de datos, este notificará que este se guardó con éxito a través de un anuncio	

La Tabla 34 muestra la descripción de la historia de usuario HU17_Configuración.

Tabla 34. Historia de usuario HU17_Configuración.

ID: HU17_Configuración	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Este apartado me muestra las opciones de preguntas frecuentes, aviso de privacidad y la opción de cerrar la sesión	
Validación: Al obtener el usuario aprobación y respondió como se le pide el cuestionario, el sistema le permitirá acceder al apartado de configuración para obtener información de su interés.	

La Tabla 35 muestra la descripción de la historia de usuario HU18_Preguntas frecuentes.

Tabla 35. Historia de usuario HU18_Preguntas frecuentes.

ID: HU18_Preguntas frecuentes	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: En esta sección el usuario puede informarse sobre diferentes títulos sobre el tema de mayor relevancia	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, se le permite navegar por la aplicación en las diferentes secciones y títulos informativos.	

La Tabla 36 muestra la descripción de la historia de usuario HU19_Aviso de privacidad.

Tabla 36. Historia de usuario HU19_Aviso de privacidad.

ID: HU19_Aviso de privacidad	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: En esta sección el usuario puede informarse sobre el aviso de privacidad	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, se le permite navegar por la aplicación en las diferentes secciones y títulos informativos.	

La Tabla 37 muestra la descripción de la historia de usuario HU20_Contactanos.

Tabla 37. Historia de usuario HU20_Contactanos

ID: HU20_Contactanos	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: En esta sección se le permite al usuario comunicarse por medio de correo cn el administrador	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario, el usuario puede solicitar comunicarse y el sistema responderá con la opción de medio para contactarse	

La Tabla 38 muestra la descripción de la historia de usuario HU21_Cerrar sesión.

Tabla 38. Historia de usuario HU21_Cerrar sesión

ID: HU21_Cerrar sesión	Usuario: usuario
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Al seleccionar cerrar sesión se pedirá confirmación de cierre y este se cerrará	
Validación: En la sección de configuración se le permite al usuario cerrar sesión por medio de un botón, el usuario deberá confirmar el cierre, la aplicación se cerrará y al abrir nuevamente pedirá los datos de inicio de sesión.	

5.2.1.2.10 Historias de Usuario para el Rol Administrador

La Tabla 39 muestra el listado de historias de usuario para el Rol Administrador.

Tabla 39. Listado de Historias de Usuario para el rol Administrador

ID	Descripción
HUA1_Registro	El sistema debe permitir el registro de un nuevo usuario de tipo Administrador, proporcionando datos (nombre, correo y contraseña) El registro será aprobado por medio de un correo de cumplir con los requisitos
HUA2_Inicio de sesión	El usuario administrador podrá ingresar a la aplicación luego de proporcionar su correo y contraseña

ID	Descripción
HUA3_¿Olvidaste tu contraseña?	El usuario administrador puede solicitar recuperar su contraseña, a lo que el sistema responderá con un correo con las indicaciones
HUA4_Restablecer contraseña	El administrador recibe un correo del usuario solicitando el cambio de contraseña a lo que el administrador le responde con un correo de regreso con las instrucciones para hacerlo
HUA_5Aprobar Cuenta	El administrador recibe un correo del usuario solicitando la aprobación de su cuenta, a lo que el administrador habilita la cuenta para poder ser usada en la apliación, o en su defecto, deberá informarle al usuario el rechazo de la cuenta.
HUA6_Cerrar sesión	Este botón nos permite cerrar la sesión de la aplicación

La Tabla 40 muestra la descripción de la historia de usuario HUA1_Registro para el rol administrador.

Tabla 40. Historia de usuario HUA1_Registro para el rol administrador

ID: HUA1_Registro	Usuario: administrador
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El administrador recibirá la notificación de la solicitante de tipo Administrador, y basado en los requisitos necesarios este le permitirá el registro	
Validación: Al recibirse el correo con la petición, el administrador le regresara la aprobación/negación de la solicitud	

La Tabla 41 muestra la descripción de la historia de usuario HUA2_Inicio de sesión para el rol administrador.

Tabla 41. Historia de usuario HUA2_Inicio de sesión para el rol administrador

ID: HUA2_Inicio de sesión	Usuario: administrador
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El administrador solicita que se proporcionen los datos del usuario: correo y contraseña para permitir el acceso	
Validación: Al realizar el procedimiento que se le pide al usuario para registrar un usuario y ser validado por el administrador, se le permite el ingreso	

La Tabla 42 muestra la descripción de la historia de usuario HUA3_¿Olvidaste tu contraseña? para el rol administrador.

Tabla 42. Historia de usuario HUA3_¿Olvidaste tu contraseña? para el rol administrador

ID HUA3_¿Olvidaste tu contraseña?	Usuario: administrador
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Si desea cambiar o recuperar su contraseña el usuario registrado anteriormente, recibirá un correo con las instrucciones solicitadas	
Validación: Al recibir el correo con las instrucciones de recuperación se brindará un link para cambiar la contraseña, se confirmará que este fue realizado a través de un anuncio de éxito.	

La Tabla 43 muestra la descripción de la historia de usuario HUA4_Restablecer contraseña para el rol administrador.

Tabla 43. Historia de usuario HUA4_Restablecer contraseña para el rol administrador

ID: HUA4_Restablecer contraseña	Usuario: administrador
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El administrador recibe un correo solicitando el cambio de contraseña para un usuario.	
Validación: El administrador recibe un correo del usuario solicitando el cambio de contraseña a lo que el administrador le responde con un correo de regreso con las instrucciones para hacerlo.	

La Tabla 44 muestra la descripción de la historia de usuario HUA_5Aprobar Cuenta para el rol administrador.

Tabla 44. Historia de usuario HUA_5Aprobar Cuenta para el rol administrador

ID: HUA_5Aprobar Cuenta	Usuario: administrador
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El administrador recibe un correo solicitando la aprobación de una cuenta de tipo Usuario	
Validación: El administrador recibe un correo del usuario solicitando la aprobación de una cuenta de tipo Usuario, a lo que el administrador habilita la cuenta para poder ser usada en la aplicación, enviándole un correo de regreso con las instrucciones que indican que la cuenta ha sido activada. O, en su defecto, se le informará mediante un correo, que su cuenta ha sido rechazada.	

La Tabla 45 muestra la descripción de la historia de usuario HUA6_Cerrar sesión para el rol administrador.

Tabla 45. Historia de usuario HUA6_Cerrar sesión para el rol administrador

ID: HUA6_Cerrar sesión	Usuario: administrador
Prioridad en negocio: media	Riesgo en desarrollo: Medio
ITERACIÓN: 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: Al seleccionar cerrar sesión se pedirá confirmación de cierre y este se cerrará	
Validación: En la sección de configuración se le permite al usuario cerrar sesión por medio de un botón, el usuario deberá confirmar el cierre, la aplicación se cerrará y al abrir nuevamente pedirá los datos de inicio de sesión.	

5.2.1.2.11 Historias de Usuario para los requisitos no funcionales.

La Tabla 46 muestra el listado de historoas de usuario para los requisitos no funcionales.

Tabla 46. Historias de usuario de requisitos no funcionales

ID	Descripción
HURNF1_Compatibilidad	La aplicación es compatible con otro software o hardware ya que estará implementada en los sistemas operativos IOS y Android
HURNF2_Usabilidad	El sistema debe ser fácil de usar y comprender

ID	Descripción
HURNF3_Portabilidad	El acceso a la aplicación será otorgado desde cualquier lugar o dispositivo móvil que tenga internet (Cumpliendo con los requisitos necesarios
HURNF4_Seguridad	El sistema debe estar protegido contra el acceso no autorizado.

La Tabla 47 muestra la descripción de la historia de usuario HURNF1_Compatibilidad para los requisitos no funcionales.

Tabla 47. Historia de usuario HURNF1_Compatibilidad RNF

ID: HURNF1_Compatibilidad	Usuario: Administrador
Prioridad en negocio: Media	
ITERACIÓN : 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: La app es compatible con otro software o hardware ya que estará implementada	

La Tabla 48 muestra la descripción de la historia de usuario HURNF2_Usabilidad para los requisitos no funcionales.

Tabla 48. Historia de usuario HURNF2_Usabilidad RNF

ID: HURNF2_Usabilidad	Usuario: Administrador
Prioridad en negocio: alta	
ITERACIÓN : 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El sistema debe ser fácil de usar y comprender.	

La Tabla 49 muestra la descripción de la historia de usuario HURNF3_Portabilidad para los requisitos no funcionales.

Tabla 49. Historia de usuario HURNF3_Portabilidad RNF

ID: HURNF3_Portabilidad	Usuario: Administrador
Prioridad en negocio: alta	
ITERACIÓN : 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El acceso a la aplicación será otorgado desde cualquier lugar o dispositivo móvil que tenga internet (Cumpliendo con los requisitos necesarios	

La Tabla 50 muestra la descripción de la historia de usuario HURNF4_Seguridad para los requisitos no funcionales.

Tabla 50. Historia de usuario HURNF4_Seguridad RNF

ID: HURNF4_Seguridad	Usuario: Administrador
Prioridad en negocio: alta	
ITERACIÓN : 1	
Programadores asignados:	Álvaro Moisés Díaz Díaz
Descripción: El sistema debe estar protegido contra el acceso no autorizado	

5.2.1.3 Diseño

En esta sección de diseño se reportan los resultados del diseño de la aplicación, inclyuendo el diseño de la base de datos, los prototipos en formato Mockups, así como la arquitectura de software implementada.

5.2.1.3.1 Diseño de la base de datos

El diseño de la base de datos incluye 18 entidades. Un grupo de entidades está destinada a la administración de usuarios, roles y permisos de usuarios. Se cuenta además, con entidades dedicadas al rol de administrador, y otras específicamente para el rol de usuario. Así mismo, se considera el manejo del Cuestionario de Edimburgo y los datos sociodemográficos de la madre, además

del historial de encuestas realizadas. La Imagen 5 muestra el diagrama del modelo Entidad-Relación de la base de datos para la App.

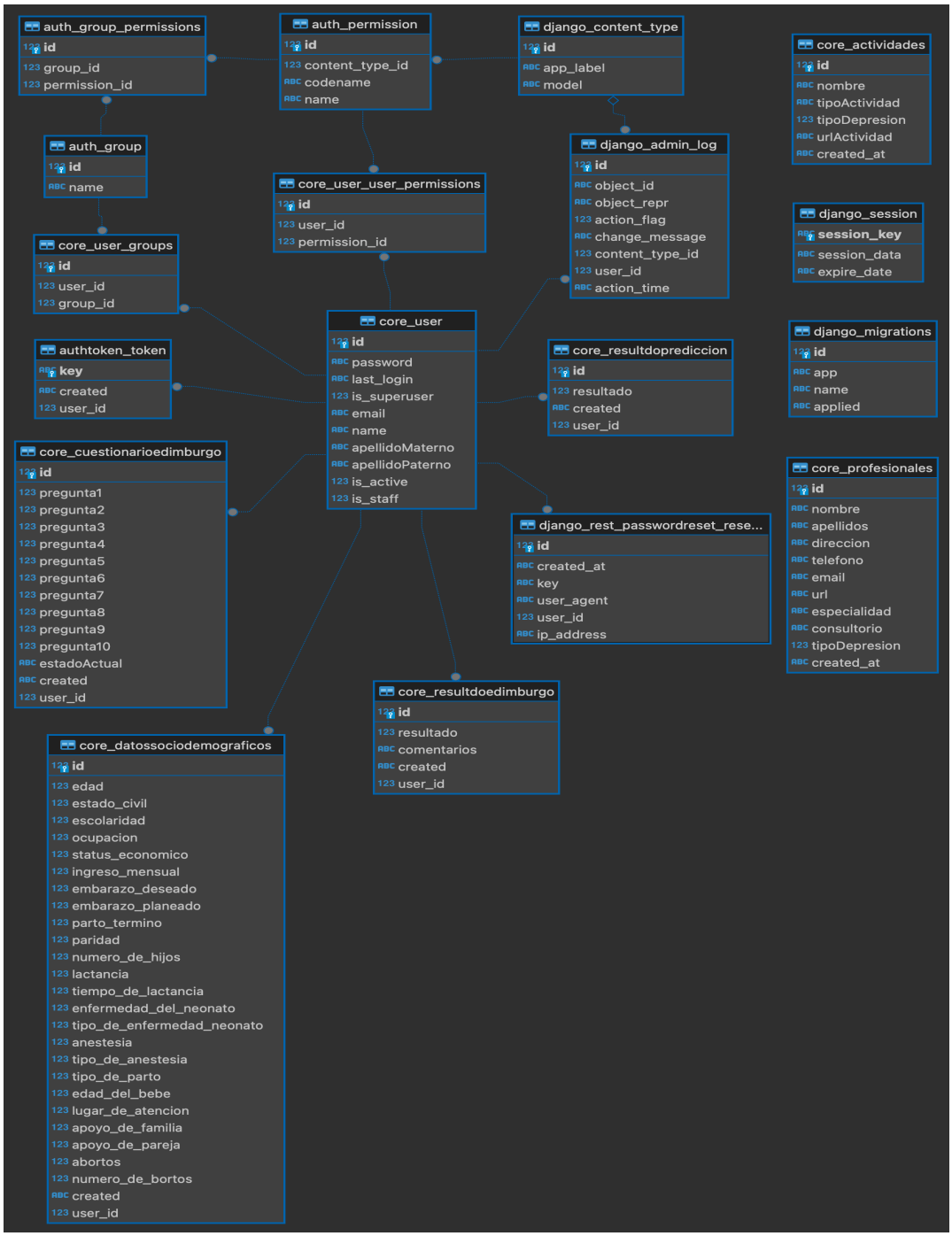


Imagen 5. Diagrama Entidad Relación

5.2.1.3.2 Prototipos (Mockups)

Esta sección muestra el maquetado de la aplicación en formato de prototipos (Mokups). Estos se diseñaron acorde a cada historia de usuario.

La Imagen 6 muestra el Mockup para la historia de usuario HU1_Registro. En esta pantalla nos permite registrarnos en la App, proporcionando el nombre del usuario, el correo, la contraseña y la opción de confirmar la contraseña. La opción "¿Ya tienes una cuenta?" dirige al usuario al apartado de "Iniciar sesión". El botón de "Enviar" registra al usuario enviándo los datos al servidor para que agregue la cuenta del usuario. Esta cuenta tendrá que ser aprobada por el administrador. Una aprobada, se le notificará por medio de correo electrónico si su cuenta fue creada con éxito. Cuando el usuario tenga su cuenta aprobada este podrá ingresar a la aplicación desde "Iniciar sesión".

La Imagen 7 muestra el Mockup para la historia de usuario HU2_Inicio de sesión. Al abrir la aplicación se nos da la opción de iniciar sesión proporcionando el correo y contraseña de la cuenta ya registrada y aprobada. La opción "¿Olvidaste tu contraseña?" dirige al usuario al apartado de "Recuperar contraseña" donde instruye al usuario. La opción de "¿Eres nuevo?" dirige al apartado de registro, donde el usuario puede crear una nueva cuenta.

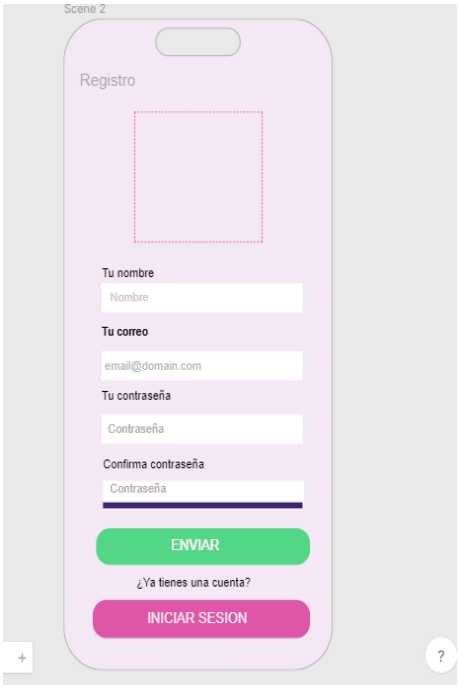


Imagen 6. Mockup para la historia de usuario HU1_Registro

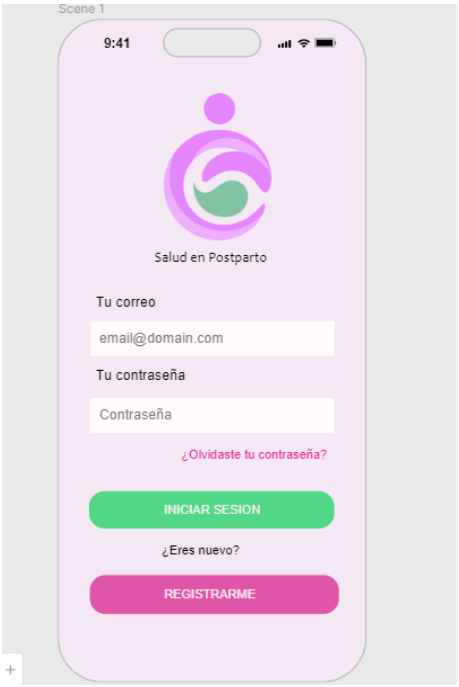


Imagen 7. Mockup para la historia de usuario HU2_Inicio de sesión

La Imagen 8 muestra el Mockup para la historia de usuario HU3_¿Olvidaste tu contraseña?. Esta opción cuando es seleccionada nos dirige a la pantalla de “Recuperar contraseña” donde instruye al usuario. Se le pide proporcionar el correo de la cuenta que desea recuperar, una vez esta sea enviada el usuario recibirá un correo con los pasos para finalizar el proceso.

La Imagen 9 muestra el Mockup para la historia de usuario HU4_Cuestionario de los datos sociodemográficos. En esta pantalla, el usuario será encargado de llenar los datos sociodemográficos indicados previamente. Si el usuario no desea llenar estos datos, la aplicación no le permitirá iniciar sesión y se cerrará automáticamente hasta que el usuario haga el llenado correspondiente de todos los datos sociodemográficos y clínicos solicitados. Una vez que el usuario haya llenado estos datos, se procederá al inicio de sesion normal. Nota. Este llenado solamente se realiza una vez.



Imagen 8. Mockup para la historia de usuario HU3_¿Olvidaste tu contraseña?

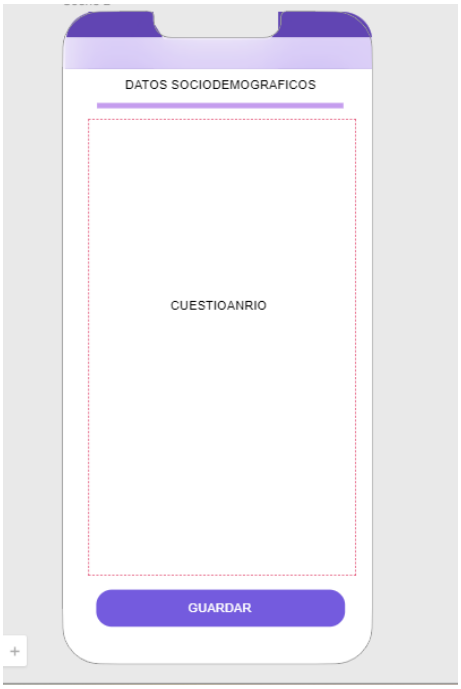


Imagen 9. Mockup para la historia de usuario HU4_Cuestionario

La Imagen 10 muestra el Mockup para la historia de usuario HU5_Inicio. En esta pantalla se encuentran 3 diferentes tarjetas (“Salud mental”, “¿Estás embarazada?” y “¿Ya eres mamá?”) donde ofrece información de los diferentes temas.

La Imagen 11 muestra el Mockup para la historia de usuario HU6_Salud Mental. En esta sección se mostrará información para cuidar mi salud mental, esta información estará acompañada de una imagen descriptiva y finalmente, se mostrará un botón de Regresar, para retornar al menú principal.

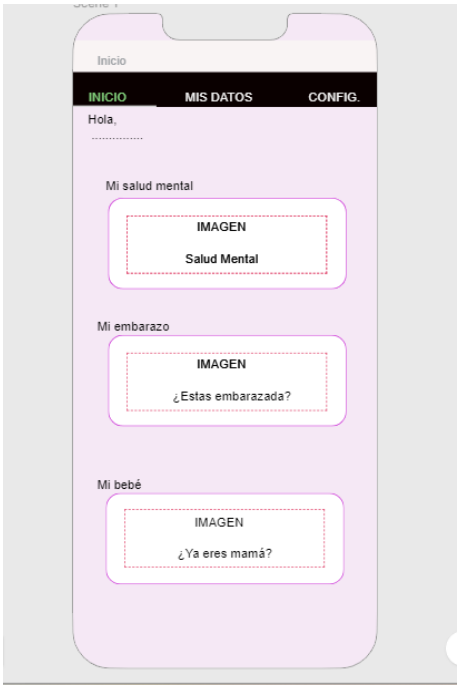


Imagen 10. Mockup para la historia de usuario HU5_Inicio

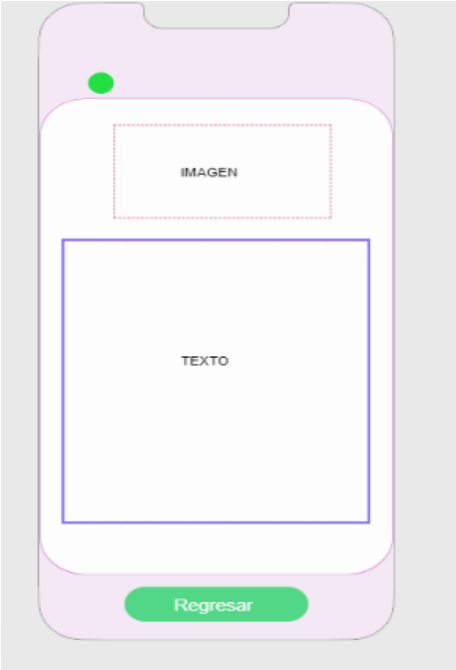


Imagen 11. Mockup para la historia de usuario HU6_Salud Mental

La Imagen 12 muestra el Mockup para la historia de usuario HU7_¿Estas embarazada?. En esta sección se mostrará información para la madre que tenga alguna sospecha de estar embarazada, si es que no está confirmado su embarazo y finalmente, se mostrará un botón de Reresar, para retornar al menú principal.

La Imagen 13 muestra el Mockup para la historia de usuario HU8_¿Ya eres mamá? En esta sección se mostrará información para aquellas mujeres que ya son mamás, esta información estará acompañada de una imagen descriptiva y finalmente, se mostrará un botón de Reresar, para retornar al menú principal

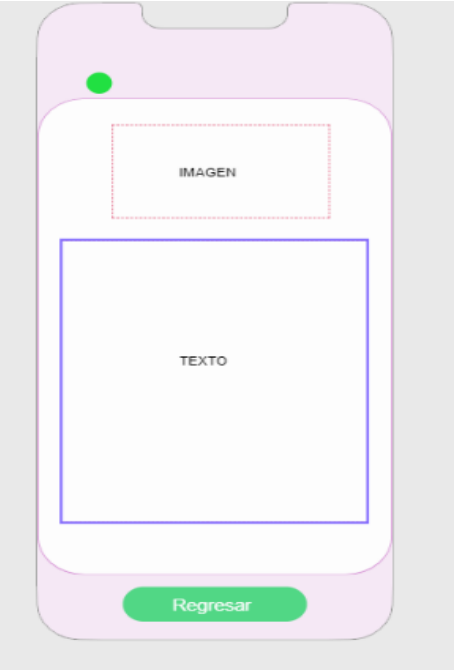


Imagen 12. Mockup para la historia de usuario HU7_¿Estas embarazada?

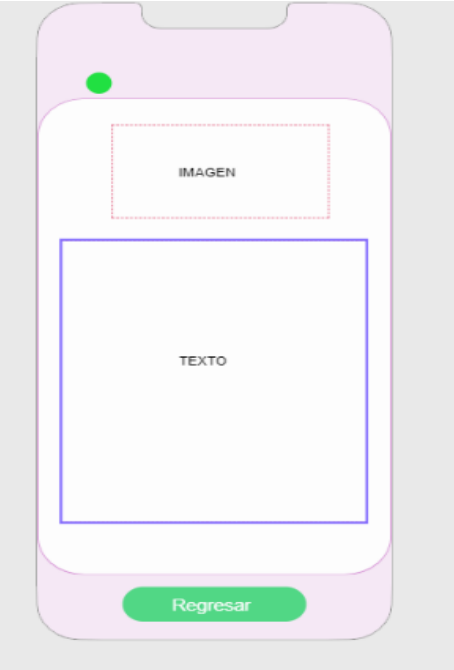


Imagen 13. Mockup para la historia de usuario HU8_¿Ya eres mamá?

La Imagen 14 muestra el Mockup para la historia de usuario HU9_Mis datos. Esta sección muestra sección de “Ver resumen”, la cual contiene un resumen del último test realizado, así como de la fecha en que se puede presentar el siguiente test. La sección “Resultados del test de Edimburgo” que nos muestra un breve informa del test que realizamos y la opción de “Realizar test” y por último, muestra la predicción realizada de Machine Learning basada en los datos socioeconómicos. Esta predicción se obtuvo en el cuestionario de inicio. También, nos informa el resultado obtenido y la fecha en la que se realizó. En el borón “Ver más” nos muestra el resultado.

La Imagen 15 muestra el Mockup para la historia de usuario HU10_Ver resumen. Esta pantalla nos muestra el resultado que se obtuvo de la encuesta y el test de Edimburgo respectivamente, mostrando además un botón “Ver más”, que nos enviará a la pantalla de la historia de usuario HU_11_Ver más.



Imagen 14. Mockup para la historia de usuario HU9_Mis datos

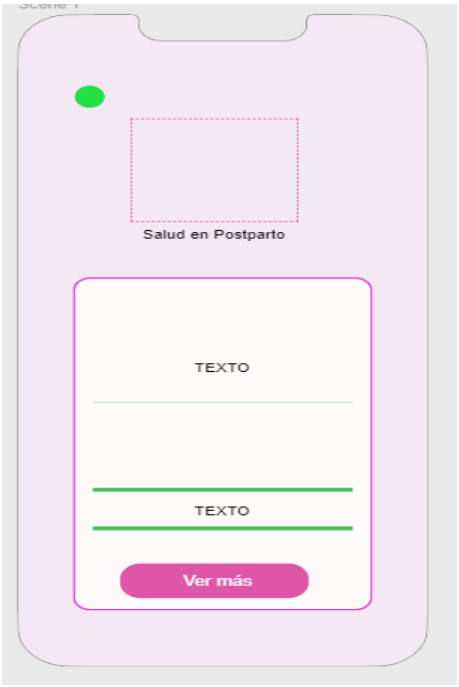


Imagen 15. Mockup para la historia de usuario HU10_Ver resumen

La Imagen 16 muestra el Mockup para la historia de usuario HU11_Ver más, la cual nos dirige al apartado de actividades, donde nos da las opciones de ver “Actividades” y “Especialistas”. En actividades encontramos las opciones de “Consulta psicológica” y “Asistencia medica”.

La Imagen 17 muestra el Mockup para la historia de usuario HU12_Consulta Psicológica donde nos muestra los datos de la actividad y el resultado, dando la opción de “Reproducir video”, esta opción nos dirige al video complementario de la actividad de Consulta Psicológica.

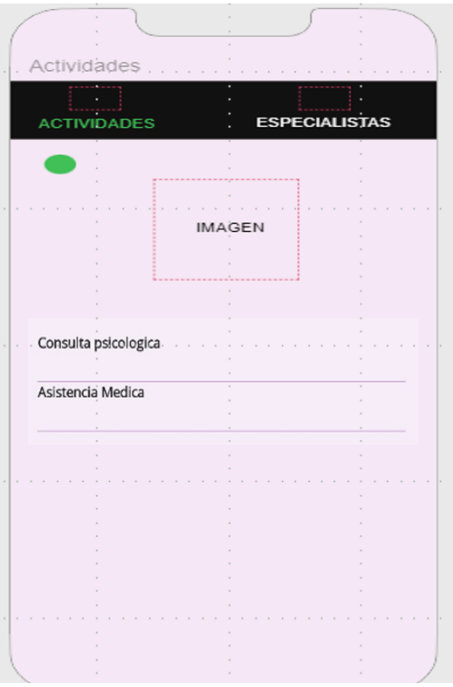


Imagen 16. Mockup para la historia de usuario HU11_Ver más

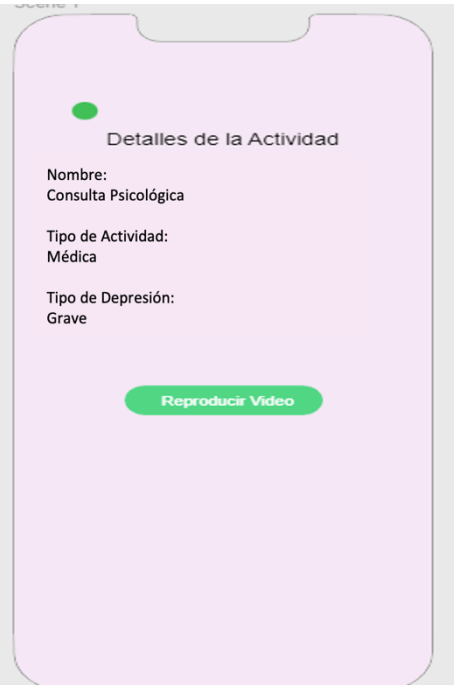


Imagen 17. Mockup para la historia de usuario HU12_Consulta Psicológica

La Imagen 18 muestra el Mockup para la historia de usuario HU13_Asistencia Médica donde nos muestra los datos de la actividad y el resultado, dando la opción de “Reproducir video”, esta opción nos dirige al video complementario de la actividad Asistencia Médica.

La Imagen 19 muestra el Mockup para la historia de usuario HU14_Especialistas, donde encontramos con el listado de los profesionales agregados en la aplicación. Al seleccionar el especialista nos lleva a detalles del especialista, donde nos proporciona la información necesaria para contactar al especialista en cuestión.



Imagen 18. Mockup para la historia de usuario HU13_Asistencia Médica



Imagen 19. Mockup para la historia de usuario HU14_Especialistas

La Imagen 20 muestra el Mockup para la historia de usuario HU15_Detalles del especialista, entre los detalles del especialista podemos encontrar el Nombre, la Especialidad, y los datos de su consultorio como en número, la dirección, los datos de contacto y el diagnóstico de la depresión de la madre.

La Imagen 21 muestra el Mockup para la historia de usuario HU16_Realizar test, el cual nos muestra el test de Edimburgo, este se puede realizar cada 24 horas, una vez llenemos todos los campos podemos enviar nuestras respuestas, nos notificará que se enviaron con éxito, de lo contrario este nos pedirá llenarlos y no permitirá que sean enviados.



Imagen 20. Mockup para la historia de usuario HU15_Detalles del especialista



Imagen 21. Mockup para la historia de usuario HU16_Realizar test

En caso de que el test no sea contestado correctamente, al presionar el botón Enviar, la aplicación mostrará un mensaje de Aviso, el cual indicará que todos los campos son obligatorios. Como se muestra en la Imagen 22.

Cuando se complete el Test, la aplicación enviará un aviso indicando que el Registro ha sido exitoso. Como se muestra en la Imagen 23.

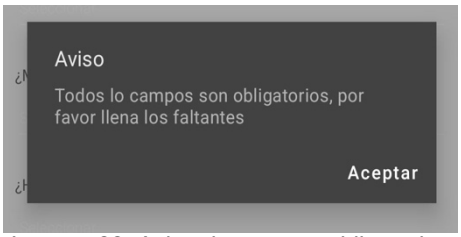


Imagen 22. Aviso de campos obligatorios

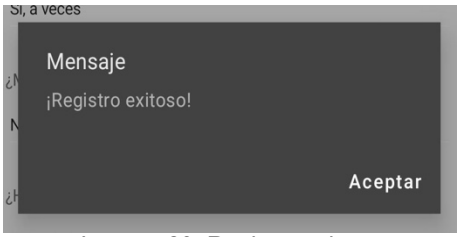


Imagen 23. Registro exitoso

Una vez contestado el Test, la aplicación mostrará el resultado del cuestionario. Además, En el botón “ver mas” se notificará el resultado obtenido y la clasificación de la depresión. Asi mismo, indica cuál es el tiempo adicional que se requiere para contestar una vez más el cuestionario. Como se muestra en la Imagen 24.

La Imagen 25 muestra el Mockup para la historia de usuario HU17_Configuración. En esta sección de la aplicación, se muestran 4 apartados. Preguntas frecuentes, Aviso de privacidad, Contáctanos y Cerrar Sesión.

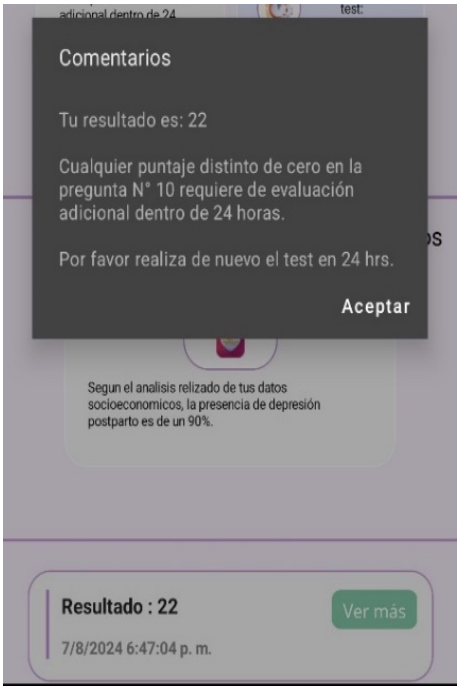


Imagen 24. Resultado de la evaluación



Imagen 25. Mockup para la historia de usuario HU17_Configuración

La Imagen 26 muestra el Mockup para la historia de usuario HU18_Preguntas frecuentes. En esta sección se encuentra un listado de las preguntas que con mayor frecuencia solicitan las madres, con su correspondiente información.

La Imagen 27 muestra el Mockup para la historia de usuario HU19_Aviso de privacidad. En esta sección se le informa al usuario como se recopila, usa y

protegen los datos personales con el objetivo de que el usuario tenga conocimiento de la forma en que se trata su información.



Imagen 26. Mockup para la historia de usuario HU18_Preguntas frecuentes

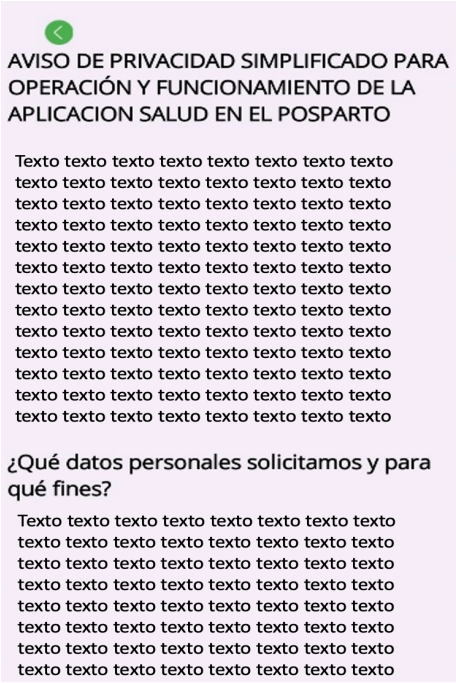


Imagen 27. Mockup para la historia de usuario HU19_Aviso de privacidad

La Imagen 28 muestra el Mockup para la historia de usuario HU20_Contactanos, la cual permite enviar un correo electrónico para la aplicación.

La Imagen 29 muestra el Mockup para la historia de usuario HU21_Cerrar sesión, la cual permite cerrar la sesión del usuario y regresar a la pantalla de inicio.



Imagen 28. Mockup para la historia de usuario HU20_Contactanos

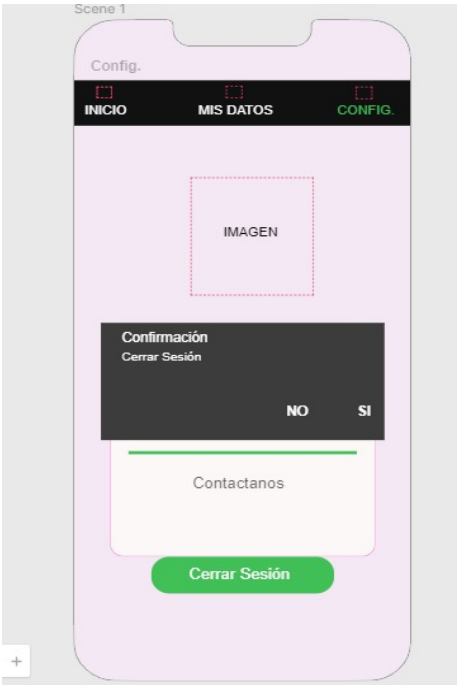


Imagen 29. Mockup para la historia de usuario HU21_Cerrar sesión

5.2.1.3.1 Arquitectura de Software Propuesta

En la Imagen 30 se presenta un diagrama general de la arquitectura de los servicios a implementar. En la cual el FrontEnd se encuentra desarrollado en la Aplicación móvil en IOS o Android. Esta se conecta al BackEnd pasando por el filtro de CloudFlare, para validar la seguridad. Este a su vez redirige las peticiones hacia el servidor montado en una instancia de Amazon Web Services, la cual es un servidor Debian ejecutándose en una instancia del Cloud de Amazon EC2.

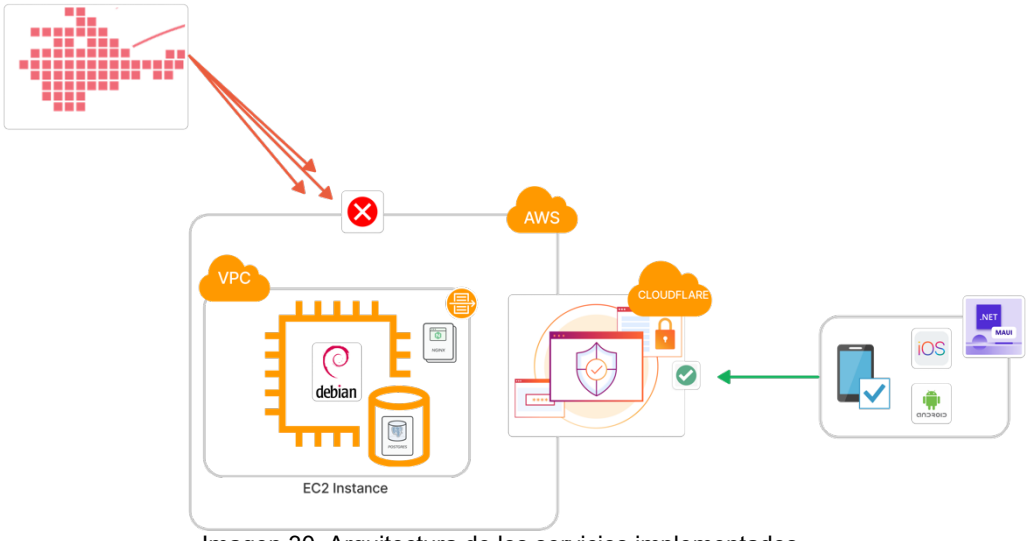


Imagen 30. Arquitectura de los servicios implementados

5.2.1.4 Desarrollo

El desarrollo de la aplicación se realizó en dos partes principales, el BackEnd y el FrontEnd.

Para el BackEnd se incluye dentro del desarrollo: a) Listado de rutas del API/Rest b) Codificación del BackEnd, c) Codificación del FrontEnd, y d) Las pantallas finales de la aplicación.

5.2.1.4.1 Desarrollo BackEnd

El BackEnd, se realizó en el lenguaje python3 utilizando librerías de Machine Learning para realizar la predicción, así mismo se utilizó Django como Framework para el desarrollo de los End Points o API's, que serán consumidos desde la aplicación móvil.

En el BackEnd se desarrollaron los servicios web que son la parte lógica del negocio de la aplicación, la persistencia de datos y la interacción con otras plataformas. Para almacenar y estructurar los datos que reciba la aplicación se utilizó PostgresSQL, el cual es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) libre y de código abierto (Open Source).

5.2.1.4.2 Listado de rutas del API/Rest

La Tabla 51 muestra el listado de rutas y estructura del API/Rest del BackEnd.

Tabla 51. Listado y estructura de las API's

API	Descripción
https://saludenposparto.org/admin	Permite entrar a la administración del sistema.
https://saludenposparto.org/api/user/create/	Permite crear un nuevo usuario.
https://saludenposparto.org/api/user/token/	Permite generar un token al usuario e iniciar sesión.
https://saludenposparto.org/api/user/me/	Permite visualizar la información del usuario
https://saludenposparto.org/api/user/reset-password/	Permite que el usuario envié la solicitud de recuperación de contraseña.
https://saludenposparto.org/api/user/password-reset-confirm/<uidb64>/<token>/	Permite confirmar el cambio de contraseña mediante un token y un uid para restablecerla
https://saludenposparto.org/api/user/password-reset-complete/	Una vez recuperada la contraseña, avisa al usuario que se generó con éxito.
https://saludenposparto.org/api/datos/sociodemograficos/	Permite que el usuario pueda llenar el formulario con sus datos socioeconómicos.
https://saludenposparto.org/api/datos/sociodemograficos/<int:pk>/	Permite consultar los datos sociodemográficos por su id.
https://saludenposparto.org/api/datos/resultados/	Permite dar el resultado obtenido con base a los datos socioeconómicos ingresados.
https://saludenposparto.org/api/datos/resultados/<int:pk>/	Permite conocer los resultados por su id.
https://saludenposparto.org/api/cuestionario/edimburgo/	Permite al usuario llenar el cuestionario de Edimburgo.
https://saludenposparto.org/cuestionario/consultaedimburgo/<int:pk>/	Permite consultar los cuestionarios por su id.
https://saludenposparto.org/cuestionario/edimburgo/resultados	Permite consultar los resultados del cuestionario ingresado, con un id de cuestionario.
https://saludenposparto.org/cuestionario/edimburgo/resultados/<int:pk>/	Permite consultar cada resultado por su id.
https://saludenposparto.org/api/profesionales/	Permite registrar profesionales.
https://saludenposparto.org/api/actividades/	Permite registrar actividades.
https://saludenposparto.org/api/profesionales/<int:pk>/	Permite consultar profesionales con un id.
https://saludenposparto.org/api/actividades/<int:pk>/	Permite consultar actividades con un id.

5.2.1.4.5 Codificación del BackEnd

En esta sección se muestran ejemplos de la codificación del BackEnd. La Imagen 31 muestra un ejemplo del código del Web Service de los datos sociodemográficos.

DatosSociodemograficosService.cs

app_dpp_ui_v1.0 (net7.0-ios) › Sin selección

```
using System;
using System.Text;
using app_dpp_ui_v1._0.Models;
using Newtonsoft.Json;

namespace app_dpp_ui_v1._0.DataService
{
    public class DatosSociodemograficosService
    {
        public static async Task<bool> DatosSociodemograficosML(int Edad, int EstadoCivil, int Escolaridad, int Ocupacion
                                                                 int EmbarazoPlaneado, int PartoTermino, int Paridad, int Num
                                                                 int TiempoDeLactancia, int EnfermedadDelNeonato, int TipoDeE
                                                                 int TipoDeParto, int EdadDelBebe, int LugarDeAtencion, int A
        {
            var modelo = new Sociodemografico()
            {
                edad = Edad,
                estado_civil = EstadoCivil,
                escolaridad = Escolaridad,
                ocupacion = Ocupacion,
                status_economico = StatusEconomico,
                ingreso_mensual = IngresoMensual,
                embarazo_deseado = EmbarazoDeseado,
                embarazo_planeado = EmbarazoPlaneado,
                parto_termino = PartoTermino,
                paridad = Paridad,
                numero_de_hijos = NumeroDeHijos,
                lactancia = Lactancia,
                tiempo_de_lactancia = TiempoDeLactancia,
                enfermedad_del_neonato = EnfermedadDelNeonato,
                tipo_de_enfermedad_neonato = TipoDeEnfermedadNeonato,
                anestesia = Anestesia,
                tipo_de_anestesia = TipoDeAnestesia,
                tipo_de_parto = TipoDeParto,
                edad_del_bebe = EdadDelBebe,
                lugar_de_atencion = LugarDeAtencion,
                apoyo_de_familia = ApoyoDeFamilia,
                apoyo_de_pareja = ApoyoDePareja,
                abortos = Abortos,
                numero_de_bortos = NumeroDeAbortos,
                user = User
```

Imagen 31. Ejemplo de código del WS para datos sociodemográficos

La Imagen 32 muestra un ejemplo del código del Web Service para el cálculo de la Escala de Edimburgo.

DatosSociodemograficosService.cs × EdimburgoService.cs

app_dpp_ui_v1.0 (net7.0-ios) › Sin selección

```
using System;
using app_dpp_ui_v1._0.Models;
using Newtonsoft.Json;
using System.Text;

namespace app_dpp_ui_v1._0.DataService
{
    public class EdimburgoService
    {
        public static async Task<List<ResultadosEdimburgoList>> GetResultadosEdimburgoList()
        {
            var httpClient = new HttpClient();
            httpClient.DefaultRequestHeaders.Add("Authorization", "Token " + Preferences.Get("token", string.Empty));
            //httpClient.DefaultRequestHeaders.Authorization = new AuthenticationHeaderValue("bearer", Preferences.Get("t
            var response = await httpClient.GetStringAsync(ResourcesApp.ApiGlobal + "/api/cuestionario/edimburgo/resultad
            return JsonConvert.DeserializeObject<List<ResultadosEdimburgoList>>(response);
        }


        public static async Task<ResultadosEdimburgoList> GetResultadosEdimburgoId(int id)
        {
            var httpClient = new HttpClient();
            httpClient.DefaultRequestHeaders.Add("Authorization", "Token " + Preferences.Get("token", string.Empty));
            var response = await httpClient.GetAsync(ResourcesApp.ApiGlobal + "/api/cuestionario/edimburgo/resultados/" +
            var jsonresultado = await response.Content.ReadAsStringAsync();
            var resultado = JsonConvert.DeserializeObject<ResultadosEdimburgoList>(jsonresultado);
            return resultado;
        }

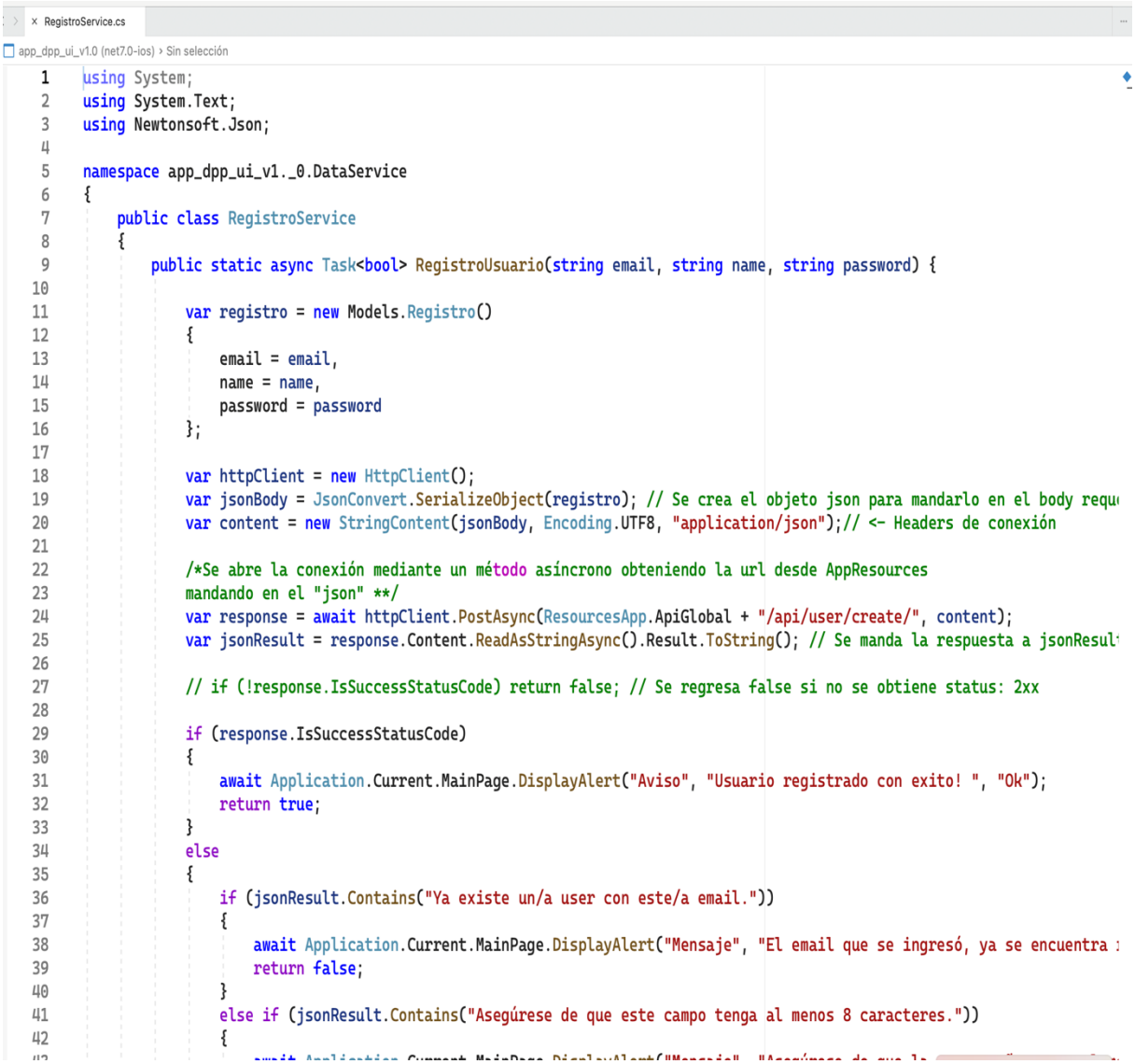
        public static async Task<List<Edimburgo>> GetResultadosEdimburgo()
        {
            var httpClient = new HttpClient();
            httpClient.DefaultRequestHeaders.Add("Authorization", "Token " + Preferences.Get("token", string.Empty));
            var response = await httpClient.GetAsync(ResourcesApp.ApiGlobal + "/api/cuestionario/edimburgo/");
            var jsonresultado = await response.Content.ReadAsStringAsync();
            var resultado = JsonConvert.DeserializeObject<List<Edimburgo>>(jsonresultado);
            return resultado;
        }

        public static async Task<Edimburgo> CuestionarioEdimburgo(int pregunta1, int pregunta2, int pregunta3, int pregun
                                                                  int pregunta7, int pregunta8, int pregunta9, int pregunta10,
        {
            var edimburgo = new Edimburgo()
            {
```

Ln 1, Col 1 Mixed LF

Imagen 32. Ejemplo de código del WS para Edimburgo

La Imagen 33 muestra un ejemplo del código del Web Service para el registro de usuarios.



```
using System;
using System.Text;
using Newtonsoft.Json;

namespace app_dpp_ui_v1._0.DataService
{
    public class RegistroService
    {
        public static async Task<bool> RegistroUsuario(string email, string name, string password) {

            var registro = new Models.Registro()
            {
                email = email,
                name = name,
                password = password
            };

            var httpClient = new HttpClient();
            var jsonBody = JsonConvert.SerializeObject(registro); // Se crea el objeto json para mandarlo en el body requ
            var content = new StringContent(jsonBody, Encoding.UTF8, "application/json");// <- Headers de conexión

            /*Se abre la conexión mediante un método asíncrono obteniendo la url desde AppResources
            mandando en el "json" **/
            var response = await httpClient.PostAsync(ResourcesApp.ApiGlobal + "/api/user/create/", content);
            var jsonResult = response.Content.ReadAsStringAsync().Result.ToString(); // Se manda la respuesta a jsonResul

            // if (!response.IsSuccessStatusCode) return false; // Se regresa false si no se obtiene status: 2xx

            if (response.IsSuccessStatusCode)
            {
                await Application.Current.MainPage.DisplayAlert("Aviso", "Usuario registrado con exito! ", "Ok");
                return true;
            }
            else
            {
                if (jsonResult.Contains("Ya existe un/a user con este/a email."))
                {
                    await Application.Current.MainPage.DisplayAlert("Mensaje", "El email que se ingresó, ya se encuentra
                    return false;
                }
                else if (jsonResult.Contains("Asegúrese de que este campo tenga al menos 8 caracteres."))
                {
```

Imagen 33. Ejemplo de código del WS para Registro

5.2.1.4.6 Desarrollo FrontEnd

Comúnmente denominada parte cliente, es la parte visual y de interacción con el usuario final. Esta capa se ejecuta en distintos dispositivos mediante un sistema operativo puede ser iOS o Android. Esta fase fue desarrollada mediante el framework Open Source de Microsoft

.Net Maui, que permite realizar crear aplicaciones de Android o iOS mediante un lenguaje .Net como C#, haciendo uso de una base de código compartida.

5.2.1.4.7 Codificación del FrontEnd

En esta sección se muestran ejemplos de la codificación del FrontEnd, es decir de la Aplicación Móvil desarrollada con .Net Maui. La Imagen 34 muestra un ejemplo del código fuente de la vista del Cuestionario de Edimburgo.

CuestionarioEdimburgoPage.xaml

Origen

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<ContentPage xmlns="http://schemas.microsoft.com/dotnet/2021/maui"
             xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
             x:Class="app_dpp_ui_v1._0.Views.CuestionarioEdimburgoPage"
             NavigationPage.HasBackButton="False">


    <ContentPage.ControlTemplate>
        <ControlTemplate>
            <ScrollView>
            <StackLayout BackgroundColor="WhiteSmoke" Spacing="0">
                <Grid>
                    <Grid.RowDefinitions>
                            <RowDefinition Height="Auto"/>
                            <RowDefinition Height="10"/>
                            <RowDefinition Height="Auto"/>
                        </Grid.RowDefinitions>
                <Grid.ColumnDefinitions>
                    <ColumnDefinition Width="60"/>
                    <ColumnDefinition Width="*"/>
                    <ColumnDefinition Width="60"/>
                </Grid.ColumnDefinitions>

                 <ImageButton Grid.Row="0" Grid.RowSpan="1" Grid.Column="0" Source="cancelar.png" CornerRadius="20" Maxim

                <Label Grid.Row="0" Grid.RowSpan="1" Grid.Column="1"
                    Margin="0,16"
                    FontFamily="Montserrat-Medium"
                    Text="CUESTIONARIO EDIMBURGO"
                    HorizontalOptions="Center"
                    FontSize="Header"/>

                <BoxView Grid.Row="2" Grid.RowSpan="1" Grid.Column="1" Color="#DC5256BA" HeightRequest="2" />

                </Grid>
                <!--  Title  -->

                <ContentPresenter />

            </StackLayout>
                </ScrollView>
        </ControlTemplate>
```

Imagen 34. Código fuente de la vista del Cuestionario de Edimburgo

La Imagen 35 muestra un ejemplo del código fuente de la vista de Datos Sociodemográficos.

DatosSociodenograficosPage.xaml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<ContentPage xmlns="http://schemas.microsoft.com/dotnet/2021/maui"
             xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
             x:Class="app_dpp_ui_v1._0.Views.DatosSociodenograficosPage">
    <ContentPage.ControlTemplate>
        <ControlTemplate>
            <ScrollView>
            <StackLayout BackgroundColor="WhiteSmoke" Spacing="0">
                <Grid>
                    <Grid.RowDefinitions>
                            <RowDefinition Height="Auto"/>
                            <RowDefinition Height="15"/>
                            <RowDefinition Height="Auto"/>
                        </Grid.RowDefinitions>
                    <Grid.ColumnDefinitions>
                        <ColumnDefinition Width="60"/>
                        <ColumnDefinition Width="*"/>
                        <ColumnDefinition Width="60"/>
                    </Grid.ColumnDefinitions>

                    <Label Grid.Row="0" Grid.RowSpan="1" Grid.Column="1"
                        Margin="0,16"
                        FontFamily="Montserrat-Medium"
                        Text="DATOS SOCIODEMOGRAFICOS"
                        HorizontalOptions="Center"
                        FontSize="Header"/>

                    <BoxView Grid.Row="1" Grid.RowSpan="1" Grid.Column="1" Color="#DC5256BA" HeightRequest="2" />

                    </Grid>
                    <ContentPresenter />

            </StackLayout>
                </ScrollView>
        </ControlTemplate>
    </ContentPage.ControlTemplate>

    <ContentPage.Content>
        <ScrollView>
            <Grid>
                <Grid.RowDefinitions>
                    <RowDefinition Height="*"/>
                    <RowDefinition Height="Auto"/>
```

Imagen 35. Código fuente de la vista de Datos Sociodemográficos

La Imagen 36 muestra un ejemplo del código fuente de la vista de Registro de Usuarios.

RegistroPage.xaml

Origen

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<ContentPage xmlns="http://schemas.microsoft.com/dotnet/2021/maui"
             xmlns:x="http://schemas.microsoft.com/winfx/2009/xaml"
             x:Class="app_dpp_ui_v1._0.Views.RegistroPage"
             Title="Registro">
  <ScrollView>

    <Grid Margin="30">
       <Grid.RowDefinitions>
          <RowDefinition Height="1*"/>
          <RowDefinition Height="2*"/>
       </Grid.RowDefinitions>

        <StackLayout>
       <ActivityIndicator x:Name="activityIndicator" IsRunning="False" />

   </StackLayout>


       <Image Grid.Row="0" Source="madrehijo.png" Aspect="AspectFit" HeightRequest="250" HorizontalOptions="Center" Vert:

       <VerticalStackLayout Grid.Row="1" Spacing="5">

          <Label Text="Tu Nombre"/>

              <Entry Placeholder="Nombre" Keyboard="Text" x:Name="NameEntry" BackgroundColor="WhiteSmoke"/>

          <Label Text="Tu correo" />

              <Entry Placeholder="email@domain.com" Keyboard="Email" x:Name="EmailEntry" BackgroundColor="WhiteSmoke"/

          <Label Text="Tu contraseña"/>

              <Entry Placeholder="Contraseña" IsPassword="True" x:Name="PasswordEntry" BackgroundColor="WhiteSmoke"/>

          <Label Text="Confirma tu contraseña"/>

              <Entry Placeholder="Contraseña" IsPassword="True" x:Name="PasswordRepet" BackgroundColor="WhiteSmoke"/>


          <Button Text="ENVIAR" BackgroundColor="#80C4A3" CornerRadius="20" Margin="0,10,0,0" Clicked="Registro_Buttor

          <Label HorizontalOptions="CenterAndExpand" Margin="0,10,0,0">
```

Ln 1, Col 1 Spaces LF

Imagen 36. Código fuente de la vista de Registro de Usuarios

5.2.1.4.1 Pantallas finales de la aplicación

Esta sección muestra las pantallas finales de la aplicación ejecutándose en un simulador Android.

La Imagen 37 muestra la pantalla de Inicio de Sesión. En esta se incluye el correo y la contraseña como datos de acceso, además de la opción para recuperar la contraseña en ¿Olvidaste tu contraseña?. También, se incluyen los botones de Iniciar Sesión y Registrarme en caso de un usuario nuevo. Mientras que la Imagen 38 muestra la pantalla para recuperar la contraseña. Esta pantalla incluye una caja de texto para que el usuario especifique el correo electrónico de la cuenta que desea recuperar la contraseña, ademas, del botón de Enviar para solicitar la recuperación, y el botón de Iniciar Sesión, para regresar a la pantalla anterior.



Imagen 37. Pantalla de Inicio de Sesión



Imagen 38. Pantalla para recuperar la contraseña

La Imagen 39 muestra la pantalla de Registro de usuarios. Para el registro se solicitan los datos de nombre, correo, contraseña y la confirmación de la contraseña. Además, cuenta con los botones de Enviar para completar el registro, e Iniciar Sesión, para cambiar a la pantalla de Inicio de Sesión cuando el usuario ya se ha registrado previamente. La Imagen 40 muestra la pantalla principal de la aplicación una vez que el usuario ha iniciado la sesión. Esta incluye

en la parte superior las opciones de Inicio, Mis Datos y Config para la configuración. Además, muestra en formato de tarjetas las secciones de Mi Salud Mental, Mi Embarazo y Mi Bebé.



Imagen 39. Pantalla de Registro de usuarios

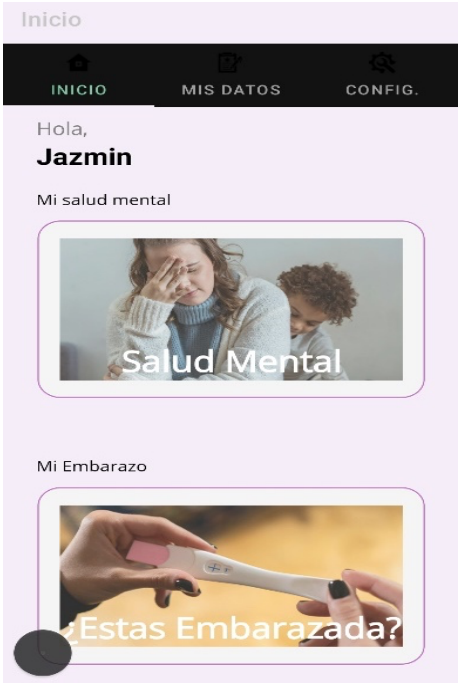


Imagen 40. Pantalla principal de la aplicación

La Imagen 41 muestra la pantalla de Salud Mental, en la que se encuentra información para la mamá dentro del área del cuidado de la salud mental en el embarazo. Mientras, que la Imagen 42 muestra la información de la pantalla ¿Estás embarazada? En la cual se muestra información a la mamá, para en caso de que sospeche que se encuentre embarazada.

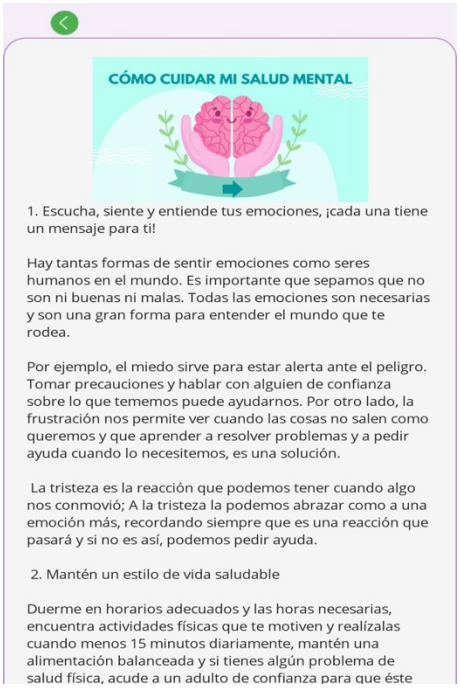


Imagen 41. Pantalla de Salud Mental



Imagen 42. Pantalla ¿Estás embarazada?

La Imagen 43 muestra la pantalla Mis Datos que contiene las opciones “Ver Resumen”, la cual muestra el resultado de la aplicación del Test de Edimburgo, además, nos muestra en un siguiente apartado llamado Resultados del Test Edimburgo información sobre la prueba, el resultado de la útlima vez que fué realizado por la madre, así como la fecha de aplicación. También, muestra el botón Realizar Test, el cual nos permitirá realizar una nueva prueba de Edimburgo. En la última parte se muestra la opción Resultado, con un número que indica el resultado del último test. Al hacer clic en el Ver más, se abre un cuadro de diálogo, mostrada en la Imagen 44 en la cual se proporciona el último resultado otenido, y una breve explicación de la interpretación, con un botón de Aceptar, para cerrar este cuadro de diálogo.



Imagen 43. Pantalla Mis Datos

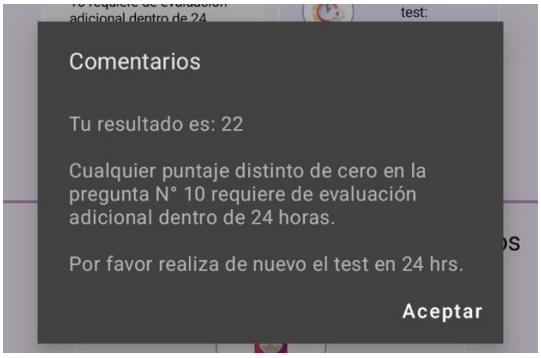


Imagen 44. Pantalla Ver más

Al hacer clic en el botón Ver Resumen, se abre la pantalla Ver Resumen, mostrada en la Imagen 45 en la cual se muestra el resultado de la clasificación de Machine Learning, para los datos sociodemográficos y clínicos. En esta misma pantalla, de acuerdo al nivel de Depresión Postparto clasificado por la madre, se dirigira a la Pantalla Actividades y Especialistas mostrada en la Imagen 46, en la cual se mostrarán estas dos alternativas. En la Pestaña Actividades, se muestra la información acerca de actividades que puede realizar la madre por si sola, para trabajar en su Depresión Postparto, únicamente en caso de que su depresión sea Leve.



Imagen 45. Pantalla Ver Resumen



Imagen 46. Pantalla Actividades y Especialistas

En el caso de la Depresión Moderada o Severa, se canalizará con un especialista indicado en la Pantalla Especialistas, este puede ser un Pediatra, Psicólogo o Psiquiatra. La Imagen 47 muestra la Pantalla Especialistas que contiene estos datos.

La Imagen 48 muestra la pantalla Detalles de la actividad Consulta Psicológica, que muestra los detalles de las actividades que puede realizar la madre, estas pueden ser por ejemplo Consulta Psicológica. Y al hacer clic en el botón Reproducir Video, dirigirá el flujo de la aplicación a un video de Youtube que complementa la actividad.



Imagen 47. Pantalla Especialistas

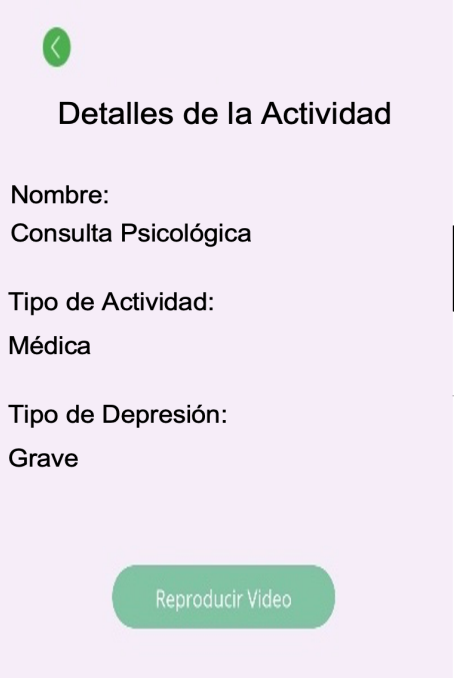


Imagen 48. Pantalla Detalles de la actividad Consulta Psicológica

La Imagen 49 muestra la pantalla Detalles de la actividad Asistencia Médica, que muestra los detalles de esta actividad. Y al hacer clic en el botón Reproducir Video, dirigirá el flujo de la aplicación a un video de Youtube que complementa la actividad.

La Imagen 50 muestra la pantalla Detalles Especialista, en la que se muestran los detalles del especialista al cual se dirigirá la madre en caso de depresión moderada o grave. Aquí se muestra la información necesaria para contactar al especialista en cuestión.

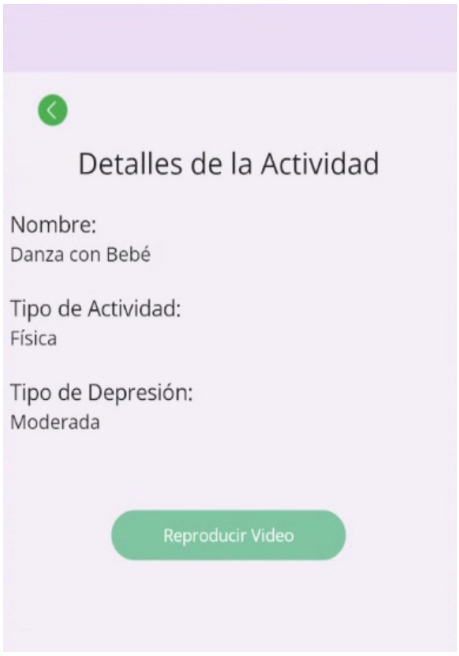


Imagen 49. Pantalla Detalles de la actividad Asistencia Médica



Imagen 50. Pantalla Detalles Especialista

La Imagen 51 muestra la pantalla Realizar Test, la cual nos permite realizar el Test de Edimburgo, este test se puede realizar cada 24 horas. Es necesario contestar todas las preguntas del Test, en caso de que el usuario omita alguna respuesta, el sistema enviará un aviso de campos obligatorios, como el que se muestra en la Imagen 52 en el que se indica que Todos los campos son obligatorios, por favor llena los faltantes.

En caso de éxito al registrar todas las respuestas del Test de Edimburgo, se mostrará el Aviso de Éxito de la Imagen 53. En la Imagen 54 se muestra la pantalla de Config, que corresponde a la configuración de la Aplicación. Esta pantalla nos permite dirigirnos a las Preguntas Frecuentes, Aviso de Privacidad y Contáctanos. Además, se muestra el botón para Cerrar la sesión del usuario.

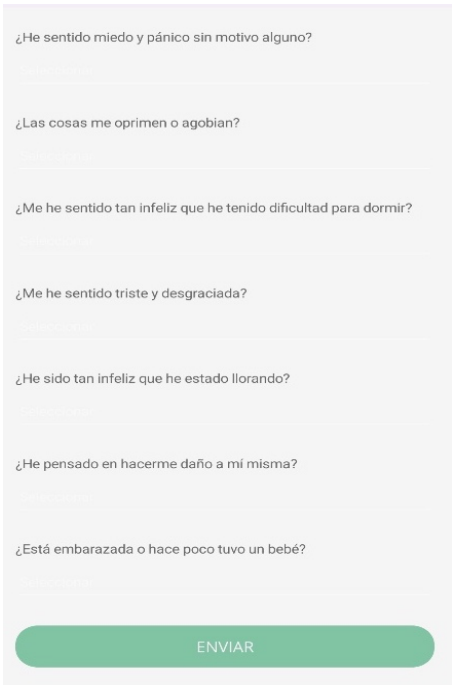


Imagen 51. Pantalla Realizar Test

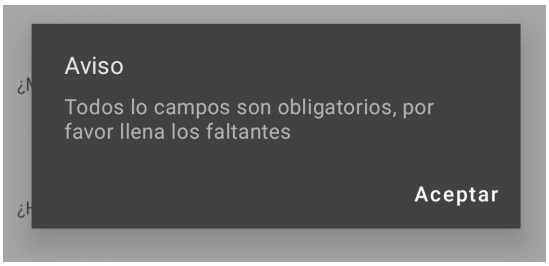


Imagen 52. Aviso de campos obligatorios

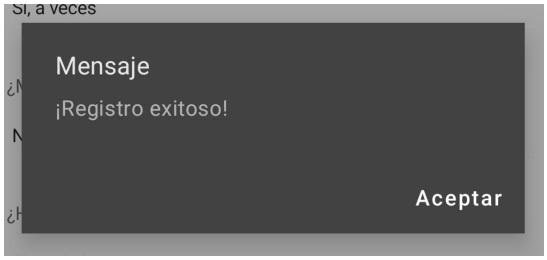


Imagen 53. Aviso de Éxito



Imagen 54. Pantalla de Config

La Imagen 55 muestra la pantalla Preguntas Frecuentes, la cual contiene un listado de las preguntas que con mayor frecuencia solicitan las mamás. Al hacer clic en cada una de las preguntas, se mostrará la información correspondiente. La Imagen 56 muestra la pantalla para la pregunta ¿Qué es la Depresión Postparto?

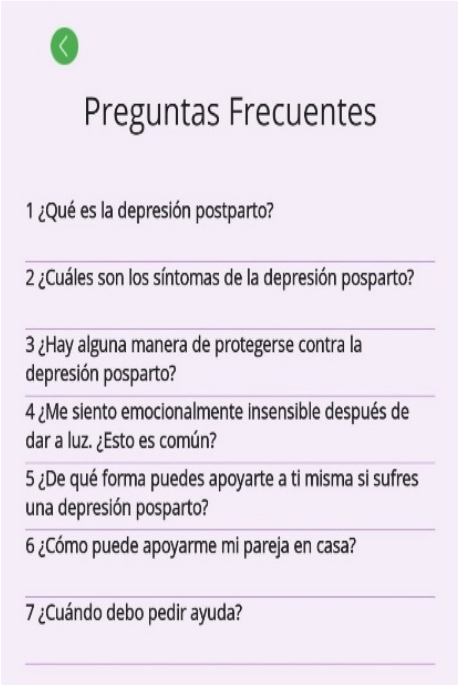


Imagen 55. Pantalla Preguntas Frecuentes

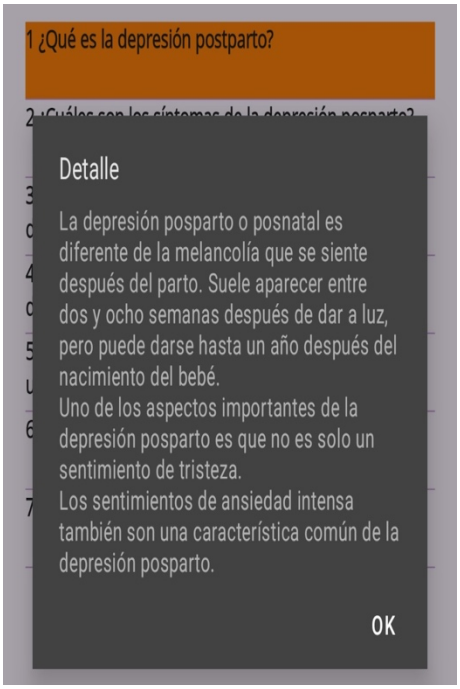


Imagen 56. Pantalla ¿Qué es la Depresión Postparto?

La Imagen 57 muestra la pantalla Aviso de Privacidad, que contiene la información sobre el aviso de privacidad para el tratamiento de datos sociodemográficos y clínicos de las mamás. Este aviso permite informar a las madres como se recopila, usa, comparte y protege los datos personales con el objetivo de que ella tenga conocimiento de esto. La Imagen 58 muestra la pantalla Contáctanos que permite elegir alguna de las aplicaciones configuradas en el teléfono para enviar un correo electrónico a los creadores de la aplicación.

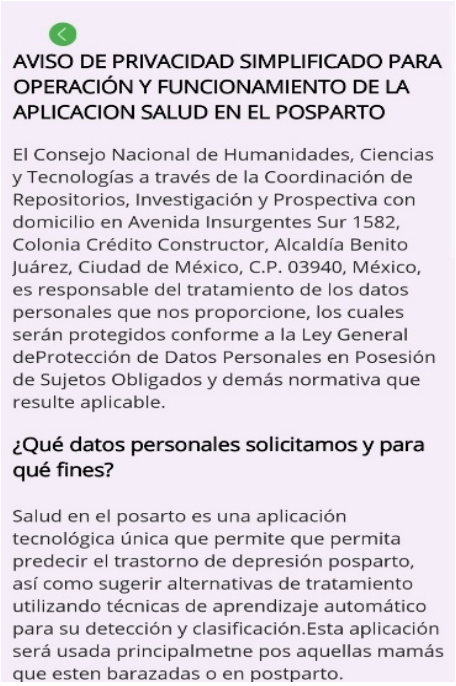


Imagen 57. Pantalla Aviso de Privacidad

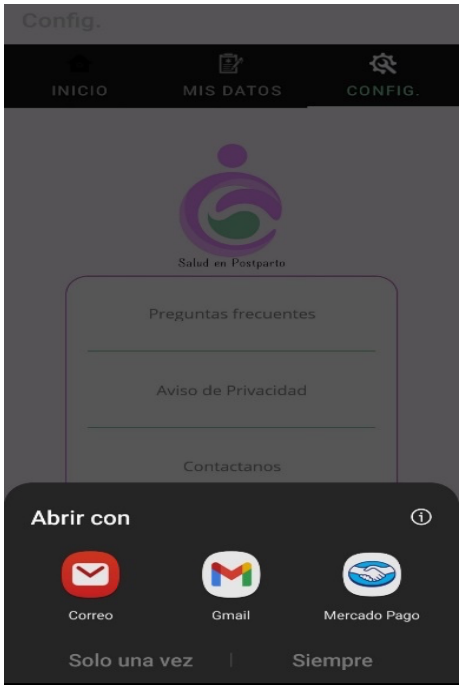


Imagen 58. Pantalla Contáctanos

5.2.1.5 Pruebas

Una vez desarrollada la solución se probó la funcionalidad registrando usuarios con datos de prueba, tomando como referencia los casos de uso generados para el desarrollo de la aplicación móvil, una vez probada dicha aplicación, se compiló y generó el instalador correspondiente para las distintas versiones de Android de IOS.

5.2.1.6 Despliegue de la solución

Para esta etapa se adquirió el dominio saludenposparto.org sobre el cual están configuradas las solicitudes por APIREST que serán consumidas por la aplicación móvil, asimismo se cuenta con una plataforma o servicio de almacenamiento web (hosting) para la aplicación de BackEnd donde se ejecutan los servicios REST, para ello se adquirió una instancia Amazon Elastic Compute Cloud (AEC2) la cual otorga capacidad de cómputo escalable, los servicios se otorgan mediante un sistema cloud conforme la demanda de recursos en la

plataforma de Amazon Web Services (AWS). Hacer uso de AEC2 permite una reducción en los costos de hardware en la implementación de aplicaciones con mayor rapidez. Se denomina instancia de EC2 a un servidor virtualizado en la nube de AWS. El tipo de hardware disponible para la instancia se determina al momento de la inicialización. Es posible elegir para cada instancia los recursos de cómputo, red, memoria, sistema operativo y almacenamiento, así como los servicios web que se utilizarán para la comunicación con el exterior.

Además, con el fin de brindarle seguridad a la capa de apliacación de los servicios se gestionaron los DNS desde Cloudflare, el cual permite implementar:

- Red de Entrega de Contenidos (CDN): Ayuda a acelerar la entrega de contenido web almacenándolo en caché más cerca de la ubicación del usuario.
- Protección contra DDoS: Protege los sitios web de ataques de Denegación de Servicio Distribuido (DDoS), que pueden saturar un sitio con tráfico.
- Firewall de Aplicaciones Web (WAF): Este servicio ofrece la protección de las aplicaciónes web mediante el filtrado y monitoreo del tráfico entre internet y la aplicación web.
- Realiza una gestión de los bots para determinar cuales son benignos o malignos. Detiene los boots malos mediante información de amenazas.
- Realiza una gestión de los bots buenos y malos. Basado en información de amenazas decide la detención de los bots malos.
- Encripta utilizando los protocolos SSL/TLS: Realiza una protección de los datos de los visitantes del sitio, además de mejorar el posicionamiento SEO.

Adicionalmente a las especificaciones anteriores, se realizó el despliegue de la aplicación en la tienda de Google Play, siguiendo todo el proceso que

solicita la plataforma. La Imagen 59 muestra la configuración de la cuenta de desarrollador.

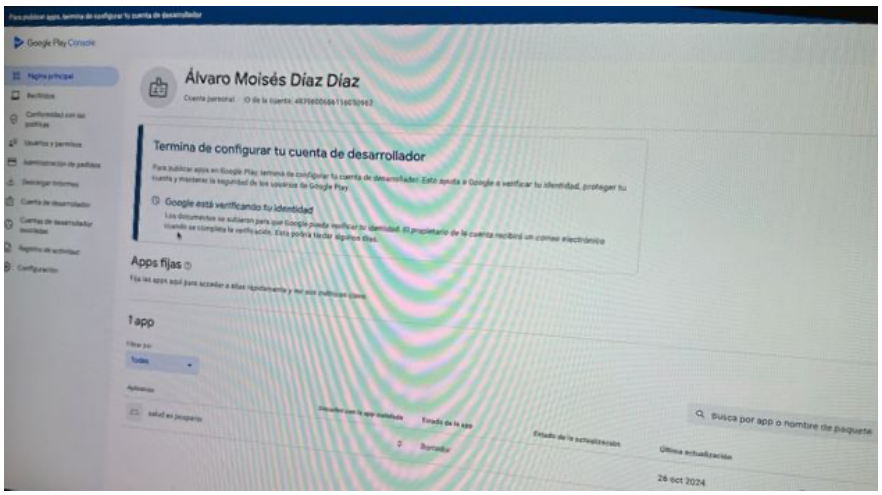


Imagen 59. Configuración de la cuenta de desarrollador

Así mismo, en la Imagen 60 se muestra el proceso de configuración de la app y la creación de la ficha en Play Store.

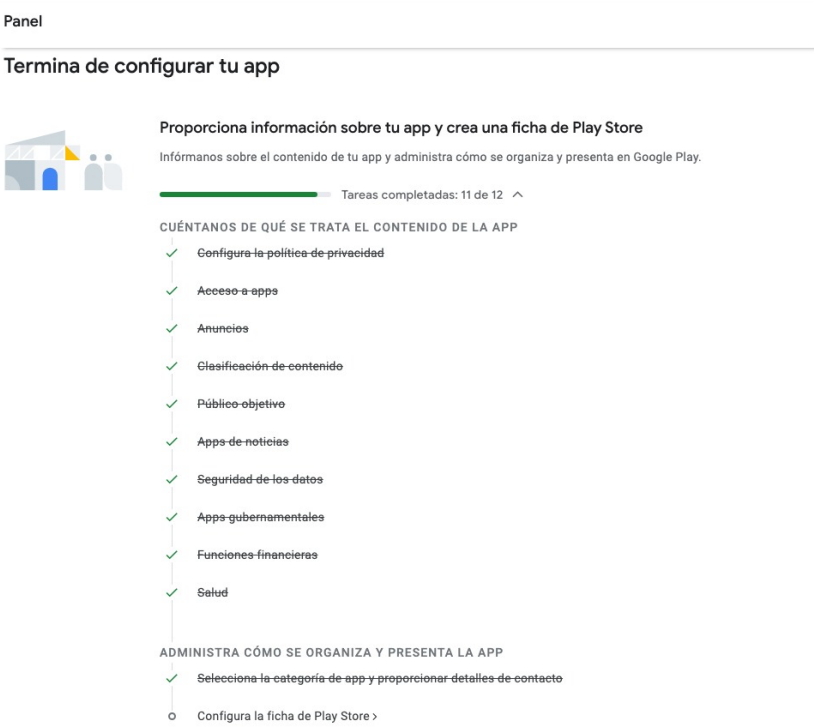


Imagen 60. Proceso de configuración de la app y creación de la ficha en Play Store

Dentro del proceso de verificación Play Store solicita al menos 20 usuarios que prueben la App, por lo que se solicitaron 20 mamás que colaboraran con la primera evaluación de la aplicación. La Imagen 61 muestra la imagen de los verificadores.

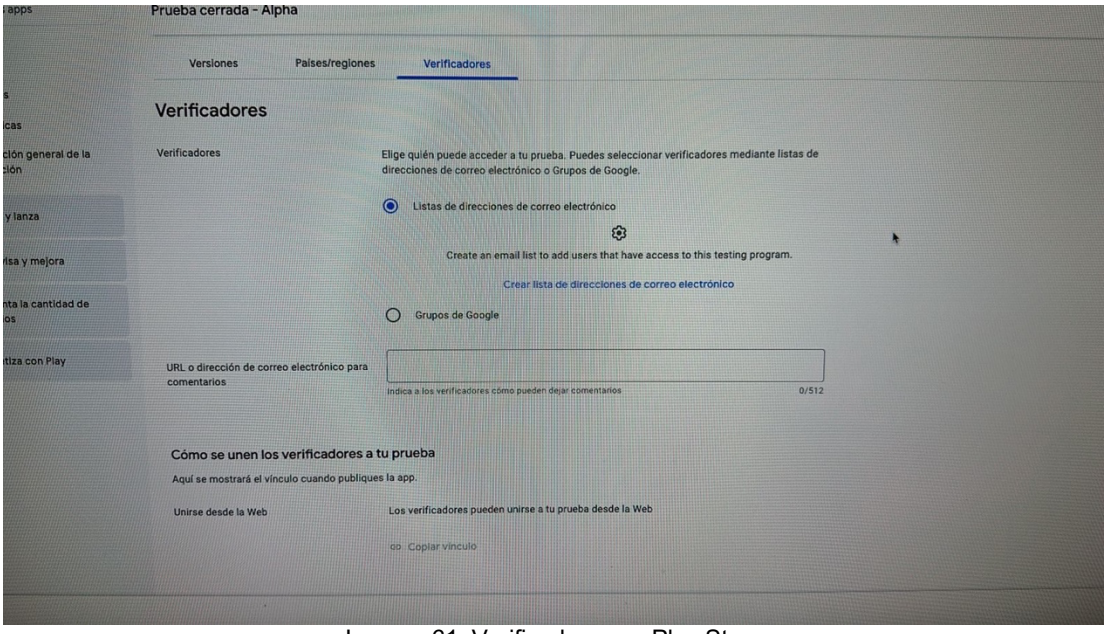


Imagen 61. Verificadores en Play Store

Una vez completados los verificadores, se procedió a solicitar el acceso a producción, como se muestra en la Imagen 62.

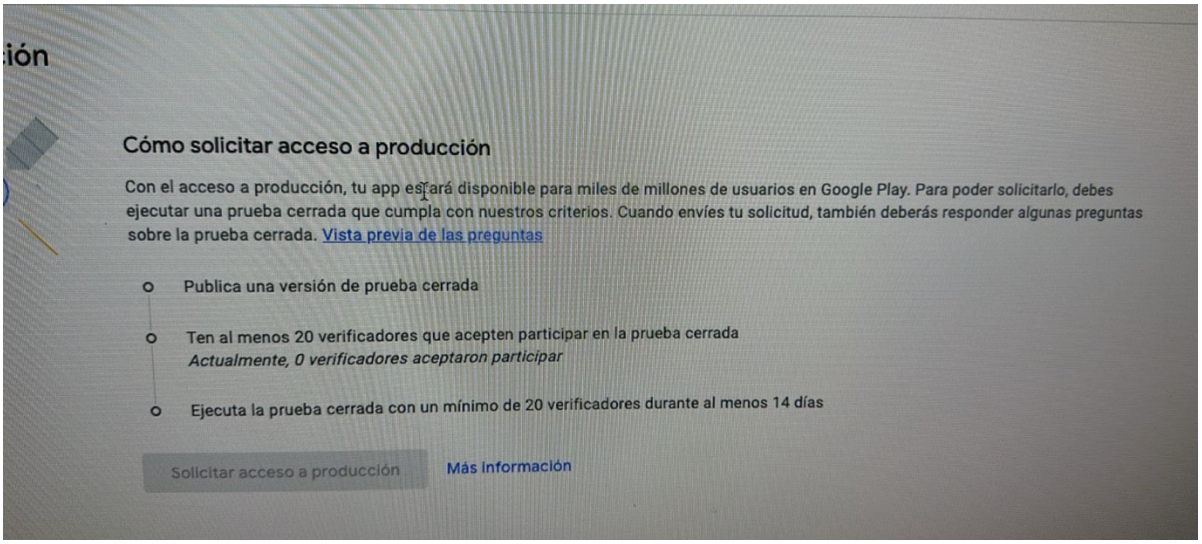


Imagen 62. Solicitud de acceso a producción

Parte del proceso de configuración de la App en Google Play incluyó las pruebas cerradas a las 20 mamás. La Imagen 63 muestra la configuración de las pruebas cerradas.

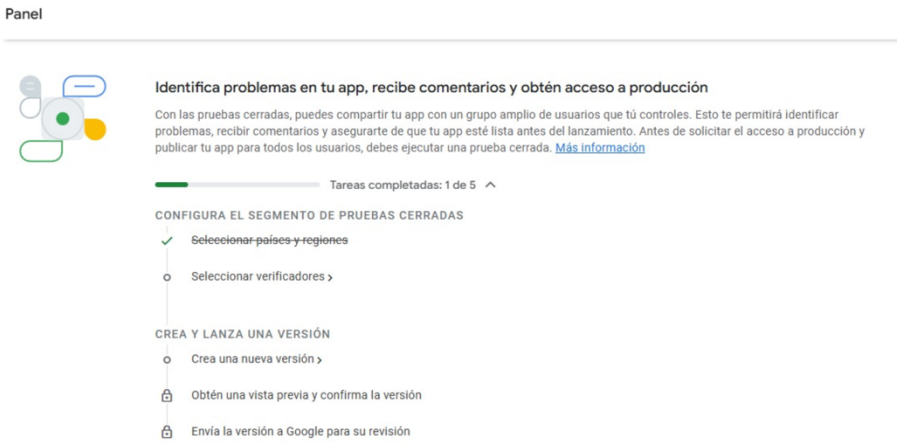


Imagen 63. Configuración de pruebas cerradas en Google Play

Como parte del proceso se requirió establecer ante el INAI el aviso de privacidad para el tratamiento de datos. La Imagen 64 muestra una parte del proceso de generación del aviso de privacidad.

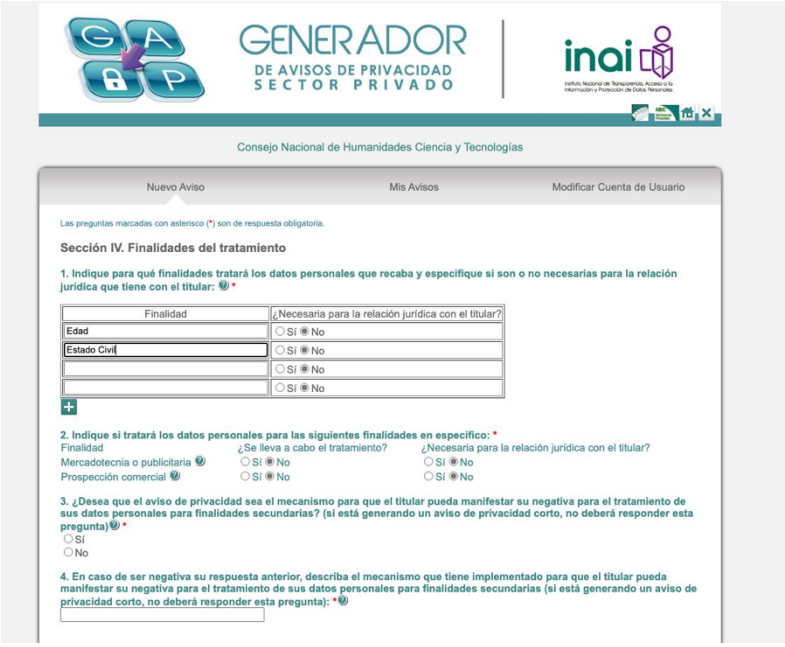


Imagen 64. Solicitud de aviso de privacidad ante Inai

El aviso de privacidad completo se muestra en el Anexo 1.

También, se adquirió el dominio saludenposparto.org en el cual se ofrece la información en general sobre la aplicación y se muestra el Aviso de privacidad. La Imagen 65 muestra la vista de la página web para la app.

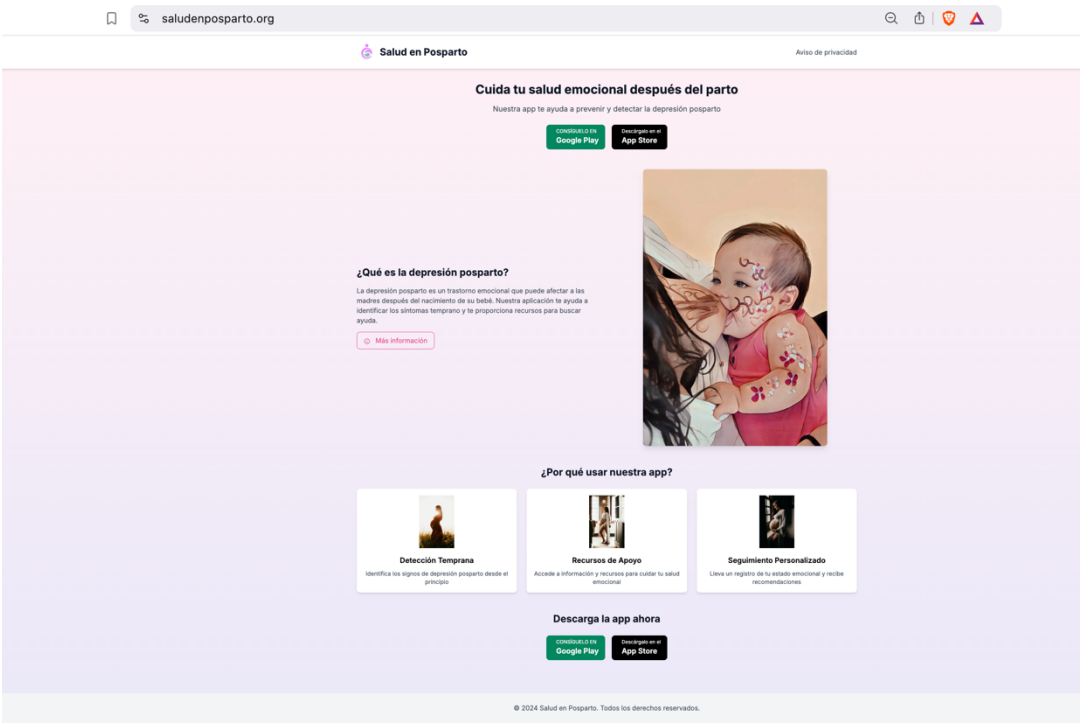


Imagen 65. Página web saludenposparto.org

5.2.1.7 Herramientas a utilizar

Para este proyecto se eligieron las siguientes herramientas de desarrollo que se muestran en la Tabla 52.

Tabla 52. Herramientas de desarrollo seleccionadas

Nombre	Uso
Python	Creación y entrenamiento de algoritmos utilizando las herramientas de: **Pandas**: Utilizada para la manipulación y análisis de datos. Es ideal para trabajar con datos en formato tabular, como los que se encuentran en CSV o bases de datos SQL. **NumPy**: Ofrece soporte para arrays y matrices multidimensionales de de gran tamaño, haciendo uso de una colección de funciones matemáticas para la opración de estos arreglos. **Scikit-learn:** Proporciona herramientas para el análisis predictivo de datos y está construida sobre NumPy, SciPy y Matplotlib.
Django	Creación del modelo entidad relación, mediate el ORM que es una capa de abstracción que permite a los desarrolladores escribir código Python orientado a objetos que se traduce en consultas SQL sin procesar en una gran cantidad de bases de datos, incluidas PostgreSQL, SQLite, MySQL, MariaDB y Oracle. Creación de vistas y URLs para publicar la APIS generadas. Creación y gestión de usuarios a través de su admirador.
Django Rest Framework	Creación de los servicios a través de API Rest. Serialización y Deserialización de objetos.
PostgresSQL	Modelo entidad relación de la base de datos de la aplicación.
.Net Maui	Creación de la aplicación movil para los y android. Cosumo de los servicios API rest creadas.
AWS	Despliegue de los servicios al mundo mediante servidor web http con Nginx con Debian.
Cloudflare	Administración de los DNS autoritativos para el dominio https://saludenposparto.org/, permite la protección de ciber ataques como bots, DDOS y ataques dentro del top 10 de OSWAP.

5.2.2 Etapa 2. Probar la eficacia de la aplicación con una muestra de mujeres que se encuentren en periodo Postparto, en los hospitales de la Ciudad de Zacatecas.

En esta etapa primeramente se realizó una prueba muestra con 20 mamás, a solicitud de la plataforma de Google Play Store, en la cual se inició una prueba piloto antes de liberar la aplicación. Estas madres fueron únicamente de la Ciudad de Zacatecas y la zona conurbada del municipio de Guadalupe.

Una vez terminada esta pruena, se procedió a liberar la aplicación en la tienda de Google Play, con la intención de probar la aplicación y el sistema de clasificación con el modelo de clasificación generado para lograr aplicar el cuestionario en 250 nuevas madres. Desafortunadamente la plataforma Google

Play eliminó la aplicación de su plataforma, por lo que no se logró concluir esta prueba, dejándo esta actividad como trabajo futuro.

Para evaluar la usabilidad de la aplicación, se utilizó la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS) propuesta por Tullis y Albert en [58]. Además del Cuestionario de satisfacción del cliente (CSQ-8, v. TMS-180S) propuesto por Attkisson y Zwich en [59].

5.2.2.1 Escala de usabilidad

La Escala de Usabilidad del Sistema (System Usability Scale, SUS) propuesta por Tullis y Albert en [58] es un cuestionario breve y estandarizado desarrollado por John Brooke en 1986 (y posteriormente promovido por Tullis y Albert) para evaluar la usabilidad percibida de un sistema, producto o servicio. Es una herramienta confiable, ampliamente utilizada en estudios de experiencia de usuario (UX) y diseño centrado en el usuario.

Consta de 10 afirmaciones diseñadas para medir la usabilidad de un sistema. Alterna afirmaciones positivas y negativas para minimizar sesgos en las respuestas. Utiliza una escala de Likert de 5 puntos en las respuestas, donde:

- 1: Totalmente en desacuerdo.
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo.

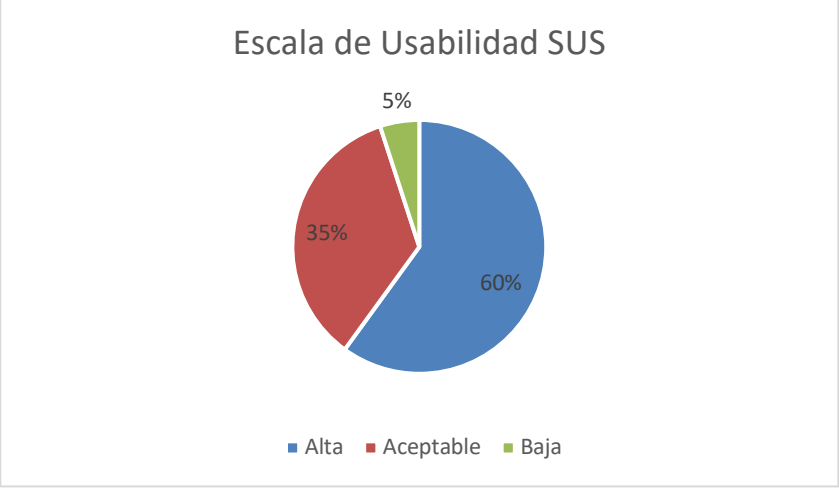
Tiene como objetivo evaluar la facilidad de uso percibida y la satisfacción general de los usuarios con el sistema, identificar problemas potenciales en el diseño que puedan impactar negativamente la experiencia del usuario. La puntuación total de la SUS oscila entre 0 y 100, pero no es un porcentaje; es un índice que refleja la percepción de usabilidad, los valores más altos indican una mejor usabilidad.

Para los resultados de la aplicación del SUS se obtubo un promedio de 82 puntos, de los cuales para estos resultados se consideraron:

- Alta usabilidad: Puntuaciones > 80 con un 60%.
- Usabilidad aceptable: Puntuaciones entre 68 y 80 con un 35%.
- Baja usabilidad: Puntuaciones < 68 con un 5%.

Obteniendo un total de puntuaciones de usabilidad basado en la encuesta SUS

La Gráfica 18 muestra los resultados de la aplicación de la escala SUS. Los resultados indican que el 60% de las usuarias encontraron al sistema fácil de usar, intuitivo y eficiente, lo que sugiere que el diseño del sistema satisface las necesidades de las usuarias. El 35% de las usuarias calificaron el sistema con una usabilidad aceptable, lo que indica que si bien existen áreas de mejora, consideran el sistema funcional y usable. El 5% indica que solamente un pequeño número de usuarias experimentaron dificultades con el uso de el sistema, por lo que será necesario revisar nuevamente el diseño para tratar de disminuir o eliminar este porcentaje. El anexo 2 muestra el formulario de aplicación del cuestionario SUS.



Gráfica 18 Resultados de la Escala de Usabilidad SUS

5.2.2.2 Cuestionario de Satisfacción del Cliente.

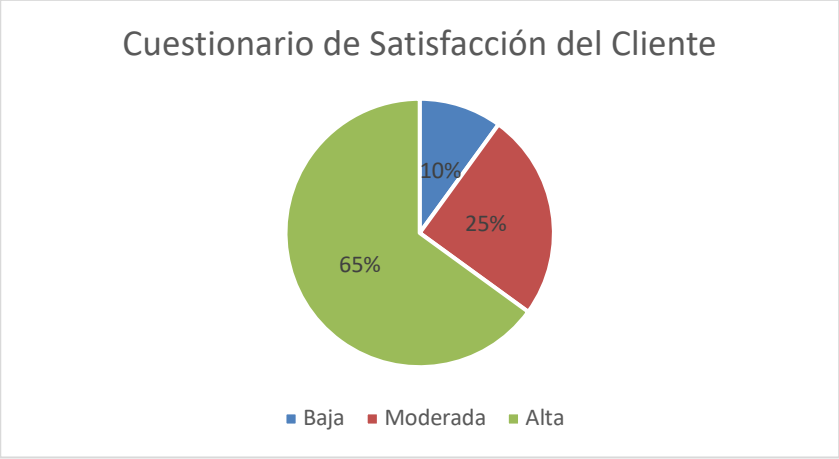
El cuestionario de Satisfacción del cliente fue propuesto por Attkisson y Zwich en [59]. Este cuestionario fue desarrollado como una breve medida global de satisfacción del cliente especialmente en contextos relacionados con la salud y los servicios sociales. Consta de 8 preguntas en un formato cerrado, proporcionando información sobre la percepción de calidad, efectividad y satisfacción general con un servicio, programa o intervención. Esta herramienta ha demostrado ser válida y confiable en una variedad de entornos y poblaciones.

Este cuestionario utiliza cuatro opciones en una escala de Likert para cada respuesta, donde 1 indica el grado más bajo de satisfacción y 4 el más alto, en este sentido, la satisfacción está directamente relacionada con el número de puntos. Las puntuaciones se suman en cada respuesta. El rango de puntuación total es de 8 (más bajo) a 32 (más alto), donde el número más alto indica una mayor satisfacción. Los resultados se pueden dividir en tres rangos:

- 8–16 puntos: Baja satisfacción.
- 17–24 puntos: Satisfacción moderada.
- 25–32 puntos: Alta satisfacción

La Gráfica 19 muestra los resultados de la aplicación del Cuestionario de Satisfacción del Cliente al hacer uso de la aplicación de la Depresión Postparto. Como resultados de la encuesta, tenemos que el 65% de las madres que completaron la prueba reportaron altos niveles de satisfacción con la Aplicación para la Detección de la Depresión Postparto, lo que refleja que esta aplicación les permite abordar sus necesidades emocionales asociadas a este trastorno. Esto indica que la aplicación cumplió sus expectativas y proporcionó un apoyo valioso para este padecimiento. Sin embargo, un 25% de las usuarias se encuentran en la categoría moderada, lo que sugiere que, aunque encontraron la aplicación útil, existen aspectos que podrían mejorarse, como la accesibilidad, la personalización o el acompañamiento posterior. Por otro lado, el 10% de las

usuarias reportaron niveles bajos de satisfacción, evidenciando posibles dificultades en el uso, expectativas no cumplidas o limitaciones en la funcionalidad percibida. El anexo 2 muestra el formulario de aplicación del cuestionario de Satisfacción del cliente.



Gráfica 19 Resultados del Cuestionario de Satisfacción del Cliente

5.3 Discusión.

Para la primera fase de la metodología Creación de un modelo basado en Aprendizaje Supervisado para Clasificar la Depresión Postparto, los siguientes párrafos muestran una discusión de los resultados de esta etapa.

Los resultados de esta investigación sugieren que nuestro modelo basado en datos sociodemográficos es útil para identificar PPD. Existen diferentes propuestas para predecir PDD en la literatura. Los siguientes párrafos discuten los resultados obtenidos con artículos de investigación similares que utilizan los mismos algoritmos de ML pero con diferentes conjuntos de datos. Si bien no es una comparación justa, porque cada investigación utiliza diferentes recursos informáticos, diferentes tamaños de datos y, en algunos casos, otros algoritmos de ML, esta comparación solo pretende mostrar que nuestra propuesta tiene resultados similares a los reportados en el estado del arte.

Para la exactitud, nuestro modelo obtiene 75% para ABC, que es cinco por ciento menos que el 80% reportado por Fatima et al. en [43] para SVM, y siete por ciento menos que el 82% reportado por Natajaran en [39] para NV. Sin embargo, supera el 67% reportado por Shin en [44] para NV. Esta comparación muestra que nuestra propuesta está cerca de lo reportado en el estado del arte.

En el caso de la precisión, nuestro modelo alcanza el 90% para ABC, que es el mismo resultado informado por Fatima et al. en [43] pero con diferentes algoritmos ML SVM y LR. Además, tiene un rendimiento superior al informado por Natajaran y Shin para ABC con 73% y 81% en [39] y [44] respectivamente. Esta comparación confirma que nuestra investigación tiene una buena precisión en la detección de PPD.

Para el recall, nuestro modelo obtiene un 86% de ABC, que es como lo informó Zhang en para DT. Pero es un cuatro por ciento menos que el 90% informado por Fatima et al. en [43] para SVM y LR, y un seis por ciento menos que el 92% informado por Shin en [44] para KNN. Sin embargo, supera el 79% informado por Natajaran en [39] para ABC. En el mismo sentido que para la precisión, nuestra propuesta tiene un buen recall en la detección de PPD. Si bien no es el mejor rendimiento para el recall, nuestros resultados son cercanos a los informados por otras propuestas.

En el caso de F1-Score, nuestra investigación alcanza un 78% para ABC, que es similar a lo informado por Natajaran para ABC y Shin para SVM en [39] y [44] respectivamente, pero es dos y cuatro por ciento menos que el 80% y el 82% para LR y SVM informados por Natajaran. Sin embargo, supera el 76% para ABC y el 78% para SVM informados por Shin. Al igual que la recuperación, aunque nuestra propuesta no tiene el mejor rendimiento, nuestros resultados son muy cercanos a los informados en la literatura.

En cuanto a la especificidad, nuestro modelo alcanza el 85%, obteniendo un uno por ciento más que el 84% informado por Zhang en [42] para el mismo algoritmo ABC y DT. Sin embargo, es dos por ciento menos que el 87% informado

para RF. Además, es un uno por ciento menos que el 86% informado por Shin en [44] para RF. De manera similar a las medidas anteriores, nuestros resultados obtienen el mismo rendimiento que otras investigaciones informadas.

Nuestro modelo ML implementado con Boosting Adaptative Classifier ha demostrado el mejor rendimiento que otros algoritmos ML, una clasificación adecuada del conjunto de datos junto con un proceso correcto de recopilación, limpieza y preprocesamiento de datos han mejorado el proceso de clasificación con el objetivo de contribuir a una correcta clasificación y predicción de PDD.

Para la segunda fase de la metodología Creación de una aplicación móvil multiplataforma que permita la predicción y detección de la Depresión Postparto, si bien existen otras soluciones en países como Estados Unidos, Korea, Alemania, Chile, España, Hong Kong, algunas como aplicación móvil y otras como aplicación Web, para México y específicamente para Zacatecas es la primera Aplicación Móvil que permite la detección y clasificación de la Depresión Postparto combinado la escala de Edimburgo con Machine Learning.

Después de evaluar la aplicación con la escala de Usabilidad SUS, en la que se puede observar que el 60% de las madres reportaron una usabilidad Alta en la satisfacción de usabilidad, un 35% aceptable y solamente un 5% baja, se puede considerar que el diseño de la aplicación cumple con los estándares de usabilidad, lo que indica que el sistema fue bien recibido y es considerado fácil de usar, intuitivo y eficiente, aunque con algunas áreas de mejora.

Con respecto al Cuestionario de Satisfacción del Cliente podemos observar que el 65% de las madres que completaron las pruebas reportaron altos niveles de satisfacción en el uso de la aplicación, mientras que un 25% de las usuarias sugieren que existen áreas de mejora, y un 10% de usuarias que no se encuentran satisfechas o la aplicación no cumplió sus expectativas en la funcionalidad esperada.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En esta tesis presentamos una aplicación móvil para la detección y clasificación de la Depresión Postparto, en la primera fase se realizó un modelo de aprendizaje automático para predecir la depresión posparto en el estado de Zacatecas, México. Los datos recopilados se clasificaron previamente con y sin depresión posparto utilizando datos sociodemográficos y el resultado de la prueba de Edimburgo. Nuestros resultados muestran que aplicando algoritmos de aprendizaje automático podemos crear un modelo que clasifica a las madres en riesgo de depresión posparto. Utilizamos ocho algoritmos de aprendizaje automático para crear un modelo predictivo para la depresión posparto: ABC, RN, AD, KNN, MSV, BA, NB y RL. Sin embargo, el algoritmo Adaptative Boosting Classifier (ABC) arrojó una exactitud de 75%, un 90% de precisión, un 69% de sensibilidad, un 78% de puntuación F1, un 86% de especificidad, y un 77% para el AUC, lo que ilustra fuertes capacidades predictivas para predecir la depresión posparto correctamente y con resultados muy similares a los reportados por otras investigaciones.

En la segunda fase con la creación de una aplicación móvil que implementa el modelo generado en la etapa 1 y que a su vez hace uso del test de Edimburgo para clasificar a depresión postparto, y aunque podemos encontrar otras aplicaciones en distintos países con el mismo propósito, esta aplicación es la única en su tipo para México y específicamente para Zacatecas, además, que es la única que combina técnicas de Machine Learning con la Escala de Edimburgo para la Depresión posparto. Además, que los datos mostrados y el uso de la aplicación muestran que con esta solución podemos concluir que se comprueba la Hipótesis H1 la cual establece que “Es posible identificar y clasificar la Depresión Postparto utilizando técnicas de Machine Learning”, ya que con

nuestra aplicación, aplicada a la prueba piloto con madres en etapa postparto es posible clasificar y prevenir este tipo de trastorno. Al aplicar la escala de usabilidad SUS podemos observar que el 60% de las madres reportó una usabilidad Alta en la satisfacción de la aplicación, mientras que con el Cuestionario de Satisfacción del cliente, podemos observar que el 65% de las madres reportaron altos niveles de satisfacción como respuesta el Cuestionario de Satisfacción del cliente CSQ-8. Ambos resultados nos indican que aunque la aplicación fue bien recibida, tiene un buen diseño funcional, las usuarias en un alto porcentaje se sienten satisfechas, además de que, cumple con el propósito de la Detección de la Depresión Postparto, aun, hay muchos aspectos que mejorar.

6.2 Trabajo futuro

Como trabajo futuro, se pretende completar las pruebas establecidas al inicio de esta investigación, hasta lograr la muestra de 350 madres, para considerar nuestra muestra válida y significativa. También, se propone la creación de un dashboard gráfico para poder obtener estadísticas, tales como: el número de mujeres con depresión posparto leve, moderada o severa, cuántas veces la aplicación ha sido utilizada por la madre para evaluar su grado de depresión, qué alternativas a la depresión posparto han elegido las madres, entre otros. Además, se propone probar otras arquitecturas de redes neuronales, así como el ajuste de otros hiperparámetros en este algoritmo.

Así mismo, se contempla abrir la aplicación para otros estados de la república para realizar análisis comparativos de este tipo de trastorno en otros estados del país.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Organización Mundial de la Salud, “147. Depresión datos y cifras,” World Health Organization (WHO). Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression

[2] M. Sanchez, “Salud Mental en México,” Foro Consultivo org. Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: https://www.foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_18-007.pdf

[3] R. Cooper, “Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM),” 2017. doi: 10.5771/0943-7444-2017-8-668.

[4] M. Medina, E. Sarti, and T. Real, *La depresión y otros trastornos psiquiátricos*. 2015.

[5] K. Langdon, “Postpartum Depression Statistics,” Postpartum Depression org. Accessed: Aug. 22, 2024. [Online]. Available: https://www.postpartumdepression.org/resources/statistics/

[6] F. De Castro, J. M. Place, A. Villalobos, and B. Allen-Leigh, “Sintomatología depresiva materna en México: prevalencia nacional, atención y perfiles poblacionales de riesgo,” *Salud Publica Mex*, vol. 57, no. 2, 2015, doi: 10.21149/spm.v57i2.7410.

[7] Á. Méndez-cerezo, “Depresión postparto y ejercicio,” *Perinatología y Reproductiva Humana*, vol. 28, no. 4, 2014.

[8] J. L. Cox, J. M. Holden, and R. Sagovsky, “Detection of Postnatal Depression: Development of the 10-item Edinburgh Postnatal Depression scale,” *British Journal of Psychiatry*, vol. 150, no. june, 1987, doi: 10.1192/bjp.150.6.782.

[9] INEGI, “Tasa de casos nuevos de enfermedades sobre trastornos mentales y del comportamiento seleccionados y entidad federativa según sexo, serie anual de 2014 a 2023.” Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Salud_Mental_05_101eeb31-ab5d-4238-899b-47a8d85786cc

[10] Secretaría de Salud, “Depresión postparto causa problemas en el desarrollo social y emocional del bebé.” Accessed: Oct. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.gob.mx/salud/prensa/146-depresion-postparto-causa-problemas-en-el-desarrollo-social-y-emocional-del-bebe

[11] G. e I. (INEGI) Instituto Nacional de Estadística, “Información de México para niños,” 2015. Accessed: Oct. 16, 2024. [Online]. Available: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/zac/poblacion/

[12] Medina Mora. María Elena, E. J. Sarti Gutiérrez, and T. Real Quintanar, *La depresión y otros trastornos psiquiátricos - Academia Nacional de Medicina - Conacyt*. Intersistemas S.A. de C.V, 2015.

[13] M. O. Suárez, *Probabilidad y Estadística empleando las TIC* . Graficolor., 2014.

[14] SEXAGÉSIMA SEGUNDA LEGISLATURA DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE ZACATECAS, ““Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados del Estado de Zacatecas.” Accessed: Oct. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.congresozac.gob.mx/64/ley&cual=211

[15] Instituto Nacional de Desarrollo Social, “Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares.” Accessed: Oct. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.gob.mx/indesol/documentos/ley-federal-de-proteccion-de-datos-personales-en-posesion-de-los-particulares

[16] J. Hurwitz and D. Kirsch, *Machine Learning for Dummies, IBM Limited Edition*. Wiley, 2018.

[17] Kevin. P. Murphy, *Machine learning: a probabilistic perspective.* Cambridge, MA: MIT Press, 2012.

[18] Q. Radich, V. Alje, and E. Cowley, "¿Qué es un modelo de aprendizaje automático?" Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/windows/ai/windows-ml/what-is-a-machine-learning-model

[19] Wikipedia, "Aplicación móvil." Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Aplicaci%C3%B3n_m%C3%B3vil

[20] Amazon, "¿Cuál es la diferencia entre el front end y back end en el desarrollo de aplicaciones?" Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://aws.amazon.com/es/compare/the-difference-between-frontend-and-backend/

[21] N. S. Samper, "Análisis de frameworks para desarrollo de aplicaciones móviles y web," UniversidaddelosAndes, Colombia, 2019. Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/4cd79b94-b458-4a09-bf4f-09caa0c66bc7/content

[22] Python.org, "Welcome to." Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.python.org/doc/

[23] W. D. Mozilla, "Introducción a Django," Jul. 2024, Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/Server-side/Django/Introduction

[24] Django, "Django Rest Framework."

[25] J. Erickson, "¿Qué es JSON?," OracleMéxico. Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.oracle.com/mx/database/what-is-json/

[26] PostgreSQL developers, "PostgreSQL 17.0 Documentación." Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.postgresql.org/files/documentation/pdf/17/postgresql-17-A4.pdf

[27] Microsoft Learn, "¿Qué es .Net Maui?" Accessed: Oct. 20, 2024. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/maui/what-is-maui?view=net-maui-8.0

[28] Amazon Web Services, "¿Qué es AWS?" Accessed: Oct. 20, 2024. [Online]. Available: https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/

[29] Cloudflare, "¿Qué es Cloudflare?" Accessed: Oct. 20, 2024. [Online]. Available: https://www.cloudflare.com/es-es/learning/what-is-cloudflare/

[30] M. Parga-Anaya and M. Garcia-Sanchez, "La cesárea y su relación con la depresión post parto," Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Mexico, 2015.

[31] M. Juarez-Romero, C. B. Nava-Cruz, P. Méndez-Hernández, Cuacenetl.Jiménez.Juan, E. Rojas-Lima, and M. Francisco-García, "Prevalencia de depresión posparto en el Hospital de la Mujer del estado de Tlaxcala," *Revista Investigación Médica Sur México*, vol. 22, no. 3, pp. 132–135, 2016.

[32] J. F. Cordova Alva, "Factores asociados a depresión postparto en puéperas atendidas en Hospital II-2 Santa Rosa durante septiembre-diciembre, 2017," *Escuela de Medicina Humana, Universidad Nacional de Perú*, 2017, Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: https://repositorio.unp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9f537713-6ec1-4811-a8ab-647acb29655d/content

[33] D. Romero, L. A. Orozco, J. Ybarra, and B. Gracia, “Sintomatología depresiva en el post parto y factores psicosociales asociados,” *Rev Chil Obstet Ginecol*, vol. 82, no. 2, 2020.

[34] S. Jiménez-Serrano, S. Tortajada, and J. M. García-Gómez, “A mobile health application to predict postpartum depression based on machine learning,” *Telemedicine and e-Health*, vol. 21, no. 7, 2015, doi: 10.1089/tmj.2014.0113.

[35] H. Dibeklio‡lu, Z. Hammal, Y. Yang, and J. F. Conn, “Multimodal detection of depression in clinical Interviews,” in *ICMI 2015 - Proceedings of the 2015 ACM International Conference on Multimodal Interaction*, 2015. doi: 10.1145/2818346.2820776.

[36] S. Tortajada *et al.*, “Prediction of postpartum depression using multilayer perceptrons and pruning,” *Methods Inf Med*, vol. 48, no. 3, 2009, doi: 10.3414/ME0562.

[37] S. C. Guntuku, D. B. Yaden, M. L. Kern, L. H. Ungar, and J. C. Eichstaedt, “Detecting depression and mental illness on social media: an integrative review,” 2017. doi: 10.1016/j.cobeha.2017.07.005.

[38] M. R. Islam, M. A. Kabir, A. Ahmed, A. R. M. Kamal, H. Wang, and A. Ulhaq, “Depression detection from social network data using machine learning techniques,” *Health Inf Sci Syst*, vol. 6, no. 1, 2018, doi: 10.1007/s13755-018-0046-0.

[39] S. Natarajan, A. Prabhakar, N. Ramanan, A. Bagilone, K. Siek, and K. Connelly, “Boosting for Postpartum Depression Prediction,” in *Proceedings - 2017 IEEE 2nd International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies, CHASE 2017*, 2017. doi: 10.1109/CHASE.2017.82.

[40] V. I. Osubor and A. O. Egwali, “A neuro fuzzy approach for the diagnosis of postpartum depression disorder,” *Iran Journal of Computer Science*, vol. 1, no. 4, pp. 217–225, Dec. 2018, doi: 10.1007/s42044-018-0021-6.

[41] K. S. Betts, S. Kisely, and R. Alati, “Predicting common maternal postpartum complications: leveraging health administrative data and machine learning,” *BJOG*, vol. 126, no. 6, 2019, doi: 10.1111/1471-0528.15607.

[42] Y. Zhang, S. Wang, A. Hermann, R. Joly, and J. Pathak, “Development and validation of a machine learning algorithm for predicting the risk of postpartum depression among pregnant women,” *J Affect Disord*, vol. 279, pp. 1–8, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.JAD.2020.09.113.

[43] I. Fatima, B. U. D. Abbasi, S. Khan, M. Al-Saeed, H. F. Ahmad, and R. Mumtaz, “Prediction of postpartum depression using machine learning techniques from social media text,” *Expert Syst*, vol. 36, no. 4, Aug. 2019, doi: 10.1111/exsy.12409.

[44] D. Shin, K. J. Lee, T. Adeluwa, and J. Hur, “Machine Learning-Based Predictive Modeling of Postpartum Depression,” *J Clin Med*, vol. 9, no. 9, p. 2899, Sep. 2020, doi: 10.3390/jcm9092899.

[45] S. Wang, J. Pathak, and Y. Zhang, “Using Electronic Health Records and Machine Learning to Predict Postpartum Depression,” *Stud Health Technol Inform.*, vol. 21, no. 264, pp. 888–892, Aug. 2019.

[46] S. Devasagayam and G. Arumugam, “Predicting Postpartum Depression with Aid of Social Media Texts Using Optimized Machine Learning Model,” *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, vol. 17, no. 3, pp. 417–427, Jun. 2024, doi: 10.22266/ijies2024.0630.33.

[47] M. G. H. The MGH Center for Women's Mental Health, "MGHPDS Mobile App," 2023, *UnitedStates*. Accessed: Oct. 19, 2024. [Online]. Available: https://womensmentalhealth.org/research/app/

[48] J.-M. Seo, S.-J. Kim, H. Na, J.-H. Kim, and H. Lee, "Effectiveness of a Mobile Application for Postpartum Depression Self-Management: Evidence from a Randomised Controlled Trial in South Korea," *Healthcare*, vol. 10, no. 11, p. 2185, Oct. 2022, doi: 10.3390/healthcare10112185.

[49] A. Gyllenkrok and S. Wirström, "LEIA Health: for new mothers," 2022. Accessed: Oct. 19, 2024. [Online]. Available: https://www.leia.health/en/om-oss

[50] D. Daehn *et al.*, "SmartMoms – a web application to raise awareness and provide information on postpartum depression," *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 23, no. 1, p. 402, May 2023, doi: 10.1186/s12884-023-05680-9.

[51] P. Franco, M. Olhaberry, P. Cuijpers, S. Kelders, and A. Muzard, "App-based intervention for reducing depressive symptoms in postpartum women: Protocol for a feasibility randomized controlled trial," *Internet Interv*, vol. 32, p. 100616, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.invent.2023.100616.

[52] M. F. Rodriguez-Muñoz *et al.*, "The healthy moms and babies app to prevent postpartum depression: analysis of user-profiles and dropout cases," *Front Public Health*, vol. 11, Sep. 2023, doi: 10.3389/fpubh.2023.1186963.

[53] L. Rose, "Psychology Professor's MommaConnect App will Support Women Struggling with Postpartum Depression." Accessed: Oct. 19, 2024. [Online]. Available: https://drexel.edu/coas/news-events/news/2023/April/pamela-geller-momma-connect/

[54] A. Zingg, A. Franklin, A. Ross, and S. Myneni, "A pilot acceptability evaluation of MomMind: A digital health intervention for Peripartum

Depression prevention and management focused on health disparities," *PLOS Digital Health*, vol. 3, no. 5, p. e0000508, May 2024, doi: 10.1371/journal.pdig.0000508.

[55] K. L. Chan, W. C. Leung, A. Tiwari, K. L. Or, and P. Ip, "Using Smartphone-Based Psychoeducation to Reduce Postnatal Depression Among First-Time Mothers: Randomized Controlled Trial," *JMIR Mhealth Uhealth*, vol. 7, no. 5, p. e12794, May 2019, doi: 10.2196/12794.

[56] J. Brownlee, *Data Preparation for Machine Learning: Data Cleaning, Feature Selection, and Data Transforms in Python*. Machine Learning Mastery, 2020.

[57] D. Cournapeau, "scikit-learn Machine Learning in Python." Accessed: Aug. 25, 2024. [Online]. Available: https://scikit-learn.org/stable/about.html

[58] T. Tullis and B. Albert, "Self-Reported Metrics," *Measuring the User Experience*, pp. 121–161, Jan. 2013, doi: 10.1016/B978-0-12-415781-1.00006-6.

[59] C. C. Attkisson and R. Zwick, "The client satisfaction questionnaire," *Eval Program Plann*, vol. 5, no. 3, pp. 233–237, Jan. 1982, doi: 10.1016/0149-7189(82)90074-X.

ANEXOS

Anexo 1. Aviso de privacidad

AVISO DE PRIVACIDAD

Instituto Tecnológico de Zacatecas, con domicilio en calle Carr. Panamericana Entronque a Guadalajara S/N, colonia La escondida, ciudad Zacatecas, municipio o delegación Zacatecas, c.p. 98000, en la entidad de Zacatecas, país México, y portal de internet https://zacatecas.tecnm.mx/, es el responsable del uso y protección de sus datos personales, y al respecto le informamos lo siguiente:

¿Para qué fines utilizaremos sus datos personales?

De manera adicional, utilizaremos su información personal para las siguientes finalidades secundarias que **no son necesarias** para el servicio solicitado, pero que nos permiten y facilitan brindarle una mejor atención:

- Mejora y desarrollo de modelos predictivos
- Investigación y análisis de datos en salud pública
- Evaluación del riesgo de depresión posparto

En caso de que no desee que sus datos personales se utilicen para estos fines secundarios, indíquelo a continuación:

No consiento que mis datos personales se utilicen para los siguientes fines:

[ ] Mejora y desarrollo de modelos predictivos
[ ] Investigación y análisis de datos en salud pública
[ ] Evaluación del riesgo de depresión posparto

La negativa para el uso de sus datos personales para estas finalidades no podrá ser un motivo para que le neguemos los servicios y productos que solicita o contrata con nosotros.

¿Qué datos personales utilizaremos para estos fines?

Para llevar a cabo las finalidades descritas en el presente aviso de privacidad, utilizaremos los siguientes datos personales:

- Nombre
- Estado Civil
- Lugar de nacimiento
- Correo electrónico
- Edad
- Ingresos
- Ocupación
- Estatus Economico
- Embarazo Planeado
- Embarazo Deseado
- Parto Termino
- Paridad
- Número de Hijos
- Lactancia
- Tiempo de Lactancia
- Enfermedad del Neonato
- Tipo de Enfermedad del Neonato
- Anestesia
- Tipo de Anestesia
- Tipo de Parto
- Edad del Bebé
- Datos laborales
- Datos académicos
- Datos socioeconomicos

Además de los datos personales mencionados anteriormente, para las finalidades informadas en el presente aviso de privacidad utilizaremos los siguientes datos personales considerados como sensibles, que requieren de especial protección:

- Datos de salud

¿Cómo puede acceder, rectificar o cancelar sus datos personales, u oponerse a su uso?

Usted tiene derecho a conocer qué datos personales tenemos de usted, para qué los utilizamos y las condiciones del uso que les damos (Acceso). Asimismo, es su derecho solicitar la corrección de su información personal en caso de que esté desactualizada, sea inexacta o incompleta (Rectificación); que la eliminemos de nuestros registros o bases de datos cuando considere que la misma no está siendo utilizada adecuadamente (Cancelación); así como oponerse al uso de sus datos personales para fines específicos (Oposición). Estos derechos se conocen como derechos ARCO.

Para el ejercicio de cualquiera de los derechos ARCO, usted deberá presentar la solicitud respectiva a través del siguiente medio:

contacto@saludenposparto.org

Con relación al procedimiento y requisitos para el ejercicio de sus derechos ARCO, le informamos lo siguiente:

a) ¿A través de qué medios pueden acreditar su identidad el titular y, en su caso, su representante, así como la personalidad este último?
contacto@saludenposparto.org

b) ¿Qué información y/o documentación deberá contener la solicitud?
INE

c) ¿En cuántos días le daremos respuesta a su solicitud?
15 días habiles

d) ¿Por qué medio le comunicaremos la respuesta a su solicitud?
Correo electronico

e) ¿En qué medios se pueden reproducir los datos personales que, en su caso, solicite?
electronicos

Los datos de contacto de la persona o departamento de datos personales, que está a cargo de dar trámite a las solicitudes de derechos ARCO, son los siguientes:

a) Nombre de la persona o departamento de datos personales: Servicios escolares
b) Domicilio: calle Carr. Panamericana Entronque a Guadalajara S/N, colonia La escondida, ciudad Zacatecas, municipio o delegación Zacatecas, c.p. 98000, en la entidad de Zacatecas, país México
c) Correo electrónico: contacto@saludenposparto.org
d) Número telefónico: 492 9247678

Usted puede revocar su consentimiento para el uso de sus datos personales

Usted puede revocar el consentimiento que, en su caso, nos haya otorgado para el tratamiento de sus datos personales. Sin embargo, es importante que tenga en cuenta que no en todos los casos podremos atender su solicitud o concluir el uso de forma inmediata, ya que es posible que por alguna obligación legal requiramos seguir tratando sus datos personales. Asimismo, usted deberá considerar que para ciertos fines, la revocación de su consentimiento implicará que no le podamos seguir prestando el servicio que nos solicitó, o la conclusión de su relación con nosotros.

Para revocar su consentimiento deberá presentar su solicitud a través del siguiente medio:

contacto@saludenposparto.org

Con relación al procedimiento y requisitos para la revocación de su consentimiento, le informamos lo siguiente:

a) ¿A través de qué medios pueden acreditar su identidad el titular y, en su caso, su representante, así como la personalidad este último?
contacto@saludenposparto.org

b) ¿Qué información y/o documentación deberá contener la solicitud?
INE

c) ¿En cuántos días le daremos respuesta a su solicitud?
15 días habiles

d) ¿Por qué medio le comunicaremos la respuesta a su solicitud?
Correo electrónico

¿Cómo puede limitar el uso o divulgación de su información personal?

Con objeto de que usted pueda limitar el uso y divulgación de su información personal, le ofrecemos los siguientes medios:

¿Cómo puede conocer los cambios en este aviso de privacidad?

El presente aviso de privacidad puede sufrir modificaciones, cambios o actualizaciones derivadas de nuevos requerimientos legales; de nuestras propias necesidades por los productos o servicios que ofrecemos; de nuestras prácticas de privacidad; de cambios en nuestro modelo de negocio, o por otras causas.

Nos comprometemos a mantenerlo informado sobre los cambios que pueda sufrir el presente aviso de privacidad, a través de: Página de internet.

El procedimiento a través del cual se llevarán a cabo las notificaciones sobre cambios o actualizaciones al presente aviso de privacidad es el siguiente:

Por correo electrónico

Su consentimiento para el tratamiento de sus datos personales

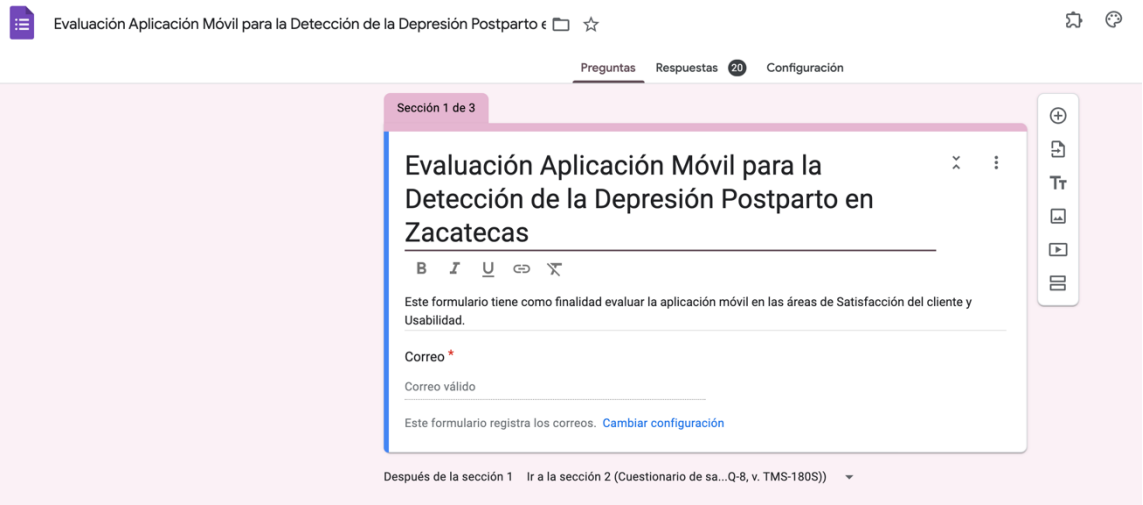
Consiento que mis datos personales sean tratados de conformidad con los términos y condiciones informados en el presente aviso de privacidad.**[ ]**

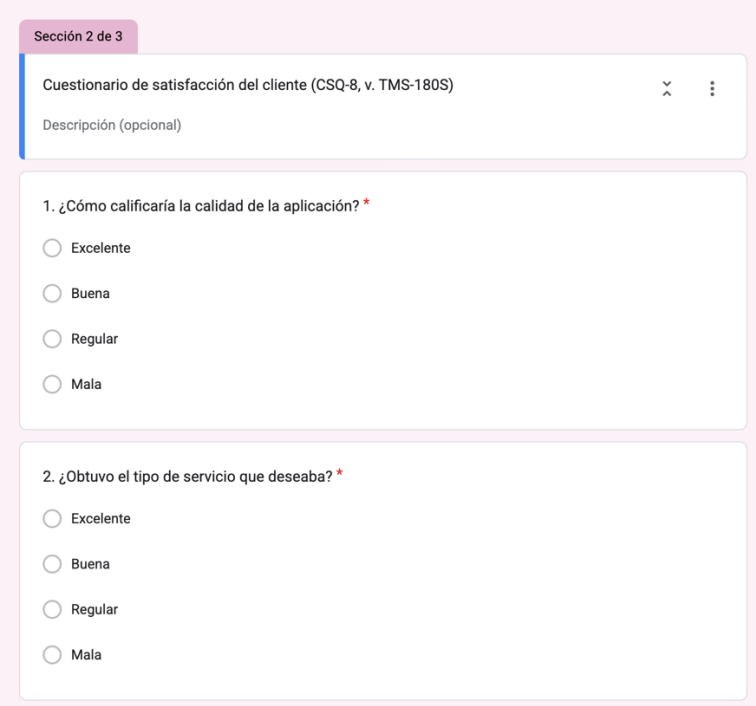
Última actualización: 25/10/2024

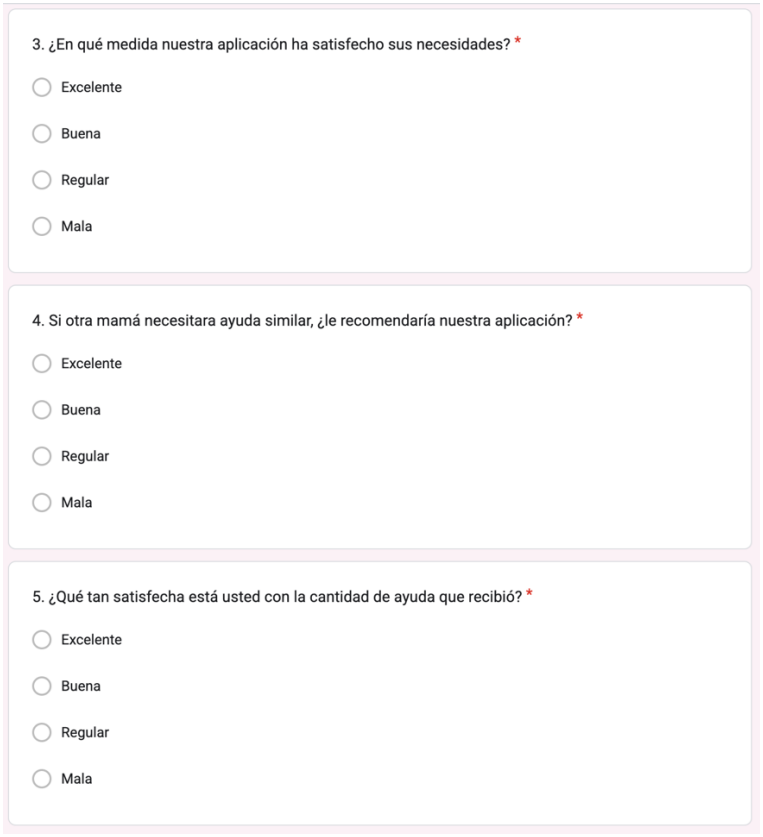
AVISO DE PRIVACIDAD

¿Quiénes somos?	Instituto Tecnológico de Zacatecas, con domicilio en calle Carr. Panamericana Entronque a Guadalajara S/N, colonia La escondida, ciudad Zacatecas, municipio o delegación Zacatecas, c.p. 98000, en la entidad de Zacatecas, país México, y portal de internet https://zacatecas.tecnm.mx/, es el responsable del uso y protección de sus datos personales, y al respecto le informamos lo siguiente:
¿Para qué fines utilizaremos sus datos personales?	De manera adicional, utilizaremos su información personal para las siguientes finalidades secundarias que **no son necesarias** para el servicio solicitado, pero que nos permiten y facilitan brindarle una mejor atención: ● Evaluación del riesgo de depresión posparto ● Personalización de servicios y recomendaciones ● Mejora y desarrollo de modelos predictivos ● Investigación y análisis de datos en salud pública ● Monitoreo y seguimiento En caso de que no desee que sus datos personales se utilicen para estos fines secundarios, indíquelo a continuación: No consiento que mis datos personales se utilicen para los siguientes fines: [ ] Evaluación del riesgo de depresión posparto [ ] Personalización de servicios y recomendaciones [ ] Mejora y desarrollo de modelos predictivos [ ] Investigación y análisis de datos en salud pública [ ] Monitoreo y seguimiento La negativa para el uso de sus datos personales para estas finalidades no podrá ser un motivo para que le neguemos los servicios y productos que solicita o contrata con nosotros.
¿Dónde puedo consultar el aviso de privacidad integral?	Para conocer mayor información sobre los términos y condiciones en que serán tratados sus datos personales, como los terceros con quienes compartimos su información personal y la forma en que podrá ejercer sus derechos ARCO, puede consultar el aviso de privacidad integral en: A través de internet

Anexo 2. Formulario de Cuestionario de Satisfacción del Cliente y Escala de Usabilidad del Sistema (SUS)







3. ¿En qué medida nuestra aplicación ha satisfecho sus necesidades? *

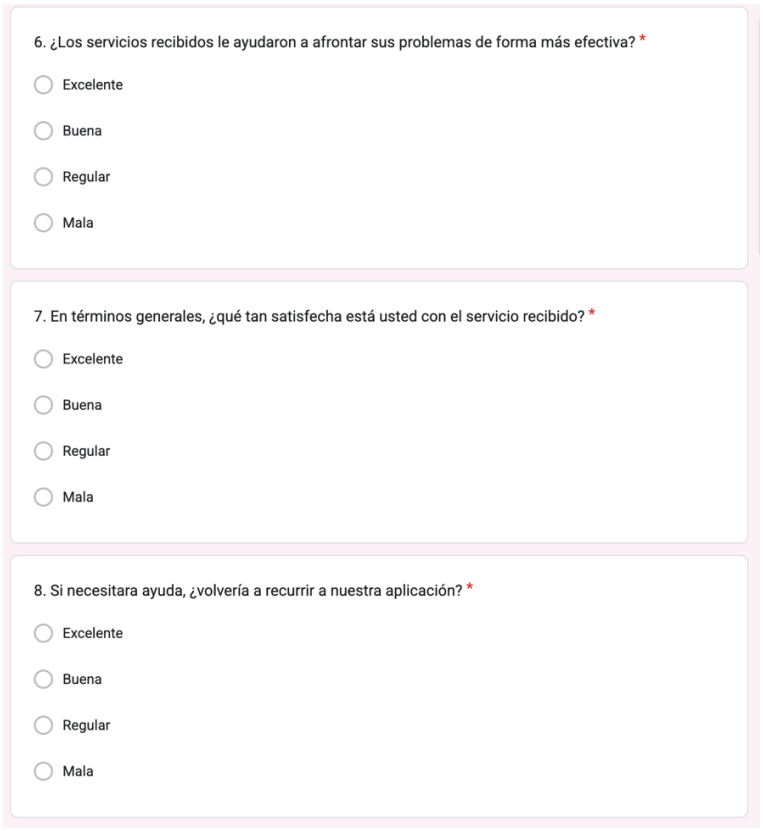
- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala

4. Si otra mamá necesitara ayuda similar, ¿le recomendaría nuestra aplicación? *

- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala

5. ¿Qué tan satisfecha está usted con la cantidad de ayuda que recibió? *

- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala



6. ¿Los servicios recibidos le ayudaron a afrontar sus problemas de forma más efectiva? *

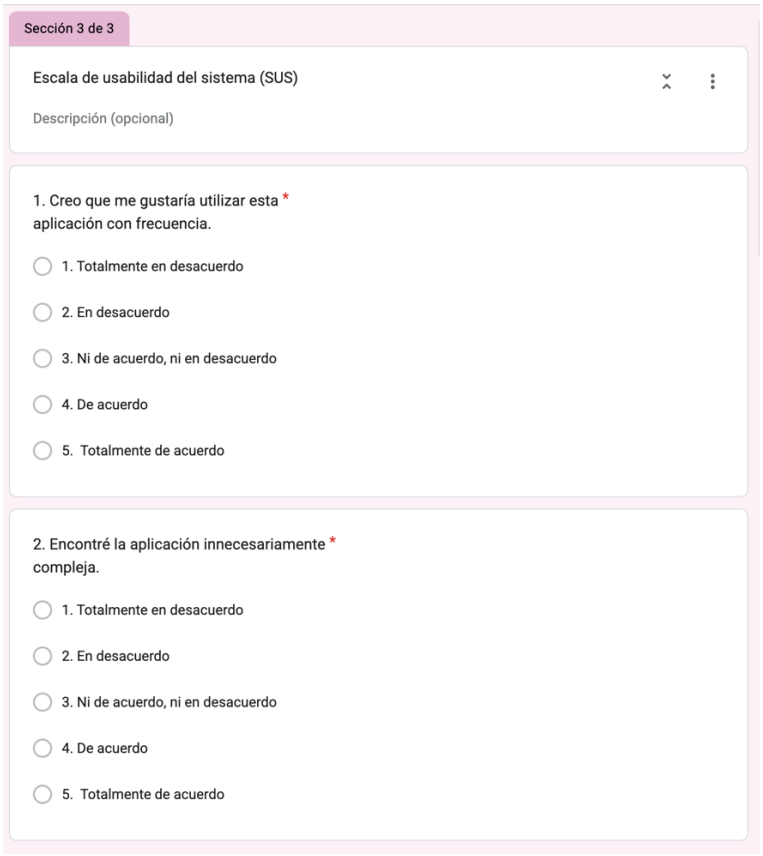
- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala

7. En términos generales, ¿qué tan satisfecha está usted con el servicio recibido? *

- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala

8. Si necesitara ayuda, ¿volvería a recurrir a nuestra aplicación? *

- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala



Sección 3 de 3

Escala de usabilidad del sistema (SUS)

Descripción (opcional)

1. Creo que me gustaría utilizar esta aplicación con frecuencia. *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

2. Encontré la aplicación innecesariamente compleja. *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

3. Pensé que el producto era fácil de usar. *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

4. Creo que necesitaría el apoyo de una persona técnica para poder utilizar esta aplicación. *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

5. Encontré las distintas funciones de la aplicación sin problema *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

6. Pienso que hay demasiada inconsistencia en esta aplicación. *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar esta aplicación muy rápidamente. *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

8. Me resultó muy complicado utilizar la aplicación. *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

9. Me sentí muy segura al utilizar la aplicación *

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

10. Necesito aprender muchas cosas * antes de poder empezar a utilizar esta aplicación.

- 1. Totalmente en desacuerdo
- 2. En desacuerdo
- 3. Ni de acuerdo, ni en desacuerdo
- 4. De acuerdo
- 5. Totalmente de acuerdo

Esta tesis se terminó de imprimir el 20 de febrero de 2025.

Derechos Reservados ©

Instituto Tecnológico de Zacatecas

Álvaro Moisés Díaz Díaz

Zacatecas Zac., 30/enero/2023

ASUNTO: CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Roberto Ortiz Delgadillo

Instituto Tecnológico De Zacatecas

Director

At´n: M. A. Ma. De Lourdes Balderas Castañeda

Jefa De La División De Estudios De Posgrado E Investigación

Por medio de la presente el que suscribe C. **Álvaro Moisés Díaz Díaz**, y en mi calidad de alumno/a de la **Maestria en Sistemas Computacionales** adscrito a la **División De Estudios De Posgrado e Investigación** del **Instituto Tecnológico de Zacatecas**, manifiesto que soy el autor intelectual del trabajo de tesis titulado "***Aplicación Móvil para la Detección de Depresión Post Parto en el Estado de Zacatecas Mediante Técnicas de Machine Learning***", realizado bajo la dirección del **Dr. Jaime Iván López Veyna**.

En este acto, **cedo los derechos no exclusivos** de dicho trabajo al **Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Zacatecas**, permitiendo su **difusión con fines académicos y de investigación**, a través de medios físicos y electrónicos, incluyendo el repositorio institucional y otras plataformas de acceso académico.

Asimismo, se establece que los usuarios de la información contenida en este trabajo **no podrán reproducir, distribuir o modificar su contenido total o parcial (incluyendo texto, gráficos, tablas o datos) sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo**. Dicho permiso podrá solicitarse a través del autor, director o jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la institución.

En caso de que se otorgue autorización para la reproducción parcial del trabajo, **se deberá reconocer debidamente la autoría y citar la fuente de acuerdo con las normas de citación académica correspondientes**.

Atentamente,

Álvaro Moisés Díaz Díaz

Jaime Iván López Veyna

Zacatecas, Zac., 05 de febrero de 2025
ASUNTO: Autorización
No. DE OFICIO: 0811

C. HERMILA SAUCEDO GARCÍA
SUBDIRECTORA ACADEMICA DEL INSTITUTO
TECNOLOGICO DE ZACATECAS
PRESENTE

Por este conducto y atendiendo la recomendación del Comité Institucional de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Zacatecas, **SE AUTORIZA** la solicitud de prórroga del interesado **C. Álvaro Moisés Díaz Díaz,** con número de control **12450742**, la obtención de grado de la Maestría en Sistemas Computacionales con clave MPSCO-2011-15 con la tesis titulada: "Aplicación Móvil para la Detección de Depresión Post Parto en el Estado de Zacatecas Mediante Técnicas de Machine Learning "

Ingreso del alumno agosto de 2012, al estudiante solo le faltaba la asignatura de tesis para cumplir con el 100% de los créditos del plan de estudios. De tal forma que la materia de tesis obtiene una calificación hasta haber concluido su documento para obtención de grado en el semestre Enero – Junio 2025.

Sin otro particular de momento quedo de usted.

A T E N T A M E N T E
"CIENCIA Y TECNOLOGIA, BINOMIO DE PROGRESO UNIVERSAL "

ROBERTO ORTIZ DELGADILLO
DIRECTOR

HGG/MLBC/kppd

c.c.p. Javier Hasaff Gamboa del Río- Jefe del Departamento de Servicios Escolares
c.c.p Archivo

EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATECAS
DIRECCIÓN

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Álvaro Moisés Díaz Díaz, de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en calle **Duna #16B int 10, Colonia Insurgentes Cuicuilco, Ciudad de México, c.p. 04530**, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada ***Aplicación Móvil para la Detección De Depresión Post Parto en el Estado De Zacatecas mediante Técnicas de Machine Learning*** en adelante **"LA OBRA"** quien para todos los fines del presente documento se denominará **"EL AUTOR Y/O EL TITULAR"**, a favor del **Instituto Tecnológico de Zacatecas del Tecnológico Nacional de México**, la cual se regirá por las clausulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL AUTOR Y/O TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Zacatecas del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de **"LA OBRA"**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (https://www.repositorionacionalcti.mx/).

SEGUNDA –TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA –ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **"LA OBRA"** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

CUARTA –EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Zacatecas; por lo tanto, **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** conserva los derechos patrimoniales y morales de **"LA OBRA"**, objeto del presente documento.

QUINTA –CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico de Zacatecas y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **"AUTOR Y/O TITULAR"** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **"LA OBRA"**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de esta.

SEXTA –AUTORÍA: "EL AUTOR Y/O TITULAR" manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Zacatecas, a los 20 días del mes de noviembre de 2024.

EDUCACIÓN | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATECAS
DIRECCIÓN

"EL AUTOR Y/O TITULAR"	**"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATECAS**
Álvaro Moisés Díaz Díaz	

Álvaro Moisés Díaz Díaz

Aplicacioń Móvil Para la Depresioń Post Parto en el estado de Zacatecas mediante tećnicas de Mac

Tecnológico Nacional de Mexico

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::20755:469485560

Fecha de entrega
24 jun 2025, 1:30 p.m. GMT-6

Fecha de descarga
24 jun 2025, 1:35 p.m. GMT-6

Nombre de archivo
Aplicación Móvil Para la Depresión Post Parto en el estado de Zacatecas mediante técnicas de M....pdf

Tamaño de archivo
13.3 MB

173 Páginas

35.377 Palabras

201.177 Caracteres

turnitin Página 1 of 182 - Portada Identificador de la entrega trn:oid:::20755:469485560

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- Trabajos entregados

Fuentes principales

6%	Fuentes de Internet
3%	Publicaciones
0%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

Caracteres reemplazados
46 caracteres sospechosos en N.° de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Texto oculto
1002 caracteres sospechosos en N.° de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.