Modelo basado en inteligencia artificial conformado a partir de datos capturados a través de un aplicativo WEB para la predicción de escenarios de riesgo relacionados con el bajo peso al nacer.

Nathaly Urrego Casas, Jhon Diego Loaiza Araba

Ingeniería de sistemas, Fundación Universitaria Compensar

Proyecto fin de grado

Docente tutor: Esteban Alejandro Cárdenas Lancheros

Noviembre de 2023



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Resumen

Este proyecto se enfoca en la problemática del bajo peso al nacer (BPN), considerado un grave problema de salud que tiene importantes implicaciones tanto para la salud del recién nacido como para su desarrollo a largo plazo. Por ende, se genera la necesidad de desarrollar un modelo de inteligencia artificial que permita predecir el bajo peso al nacer, brindando beneficios significativos tanto para el bebé como para la madre y la familia en general. Este modelo se aplicará en diversas áreas, incluyendo tecnología, investigaciones en inteligencia artificial, entornos de salud y en comunidades con una alta tasa de BPN. Utilizando datos ingresados, el modelo analizará patrones a través de algoritmos de aprendizaje, en este caso, FastTreeRegression, un componente esencial dentro de la biblioteca de aprendizaje automático de código abierto conocida como ML.NET. Esta técnica ha demostrado una efectividad del 9.841% en el proyecto, para problemas de regresión al predecir valores numéricos de manera eficaz. Además, tiene la capacidad de manejar diversos tipos de datos y adaptarse a diferentes escenarios, considerando una serie de factores definidos, el modelo permitirá prever si el bebé está en riesgo de presentar bajo peso durante la etapa de gestación. Esto, a su vez, facilitará intervenciones tempranas para garantizar un cuidado óptimo durante el embarazo. Al prevenir casos de bajo peso al nacer, se espera reducir la cifra de nacimientos con esta condición y mejorar la salud y el bienestar de los recién nacidos y sus familias.

Palabras clave: Madre gestante, Modelo Inteligencia Artificial, Bajo peso al nacer, Crecimiento del bebe, Prenatal, Aplicativo WEB.

Abstract

This project focuses on the problem of low birth weight (LBW), considered a serious health problem that has important implications for both the health of the newborn and its long-term development. Therefore, there is a need to develop an artificial intelligence model that allows predicting low birth weight, providing significant benefits for both the baby, the mother and the family in general. This model will be applied in various areas, including technology, artificial intelligence research, healthcare settings, and in communities with a high rate of LBW. Using input data, the model will analyze patterns through learning algorithms, in this case, FastTreeRegression, an essential component within the open source machine learning library known as ML.NET. This technique has demonstrated an effectiveness of 9.841% in the project, for regression problems by predicting numerical values effectively. In addition, it has the ability to handle various types of data and adapt to different scenarios, considering a series of defined factors, the model will allow predicting whether the baby is at risk of being underweight during the gestation stage. This, in turn, will facilitate early interventions to ensure optimal care during pregnancy. By preventing cases of low birth weight, we hope to reduce the number of births with this condition and improve the health and well-being of newborns and their families.

Keywords: Pregnant mother, Artificial Intelligence Model, Low birth weight, Baby growth, Prenatal, WEB Application.

Tabla de Contenido

Introducción 9

Antecedentes 10

Justificación 12

Identificación del problema 13

Pregunta problema 13

Objetivos 14

Objetivo general 14

Objetivos específicos 14

Estado del arte 15

Método 17

Identificación: 17

Levantamiento de información: 19

Diseño y desarrollo 27

Evaluación 34

Resultados 52

Discusión 53

Referencias 54

Índice de figuras

Figura 1. Género del encuestado 20

Figura 2. Edad del encuestado 21

Figura 3. Nivel educativo del encuestado 21

Figura 4. Zona de residencia del encuestado 22

Figura 5. Se pregunta si le gustaria contar con un aplicativo para el BPN 20

Figura 6. Se preguta si le parece util un aplicativo para detectar el bajo peso al nacer 23

Figura 7. Se pregunta sobre la importancia de detección temprana del bajo peso 23

Figura 8. Se pregunta si se siente comodo con el uso de aplicativo web durante el embarazo 24

Figura 9. Se pregunta si tiene acceso a una computadora y acceso a internet 24

Figura 10. Se pregunta sobre la importancia de detectar el bajo peso al nacer 25

Figura 11. Selección de valores IA 27

Figura 12. Selección de entorno IA 27

Figura 13. Elección de tabla a cargar IA 28

Figura 14. Tabla previamente cargada IA 28

Figura 15. Vista previa de datos IA 28

Figura 16. Tiempo establecido de ejecución IA 29

Figura 17. Top 5 de modelos IA 29

Figura 18. Caso de uso general del sistema 30

Figura 19. Caso de uso inicio de sesión 31

Figura 20. Caso de uso rol usuario 31

Figura 21. Caso de uso rol administrador 32

Figura 22. Diagrama de clases 32

Figura 23. Diagrama MER 33

Figura 24. Diagrama de despliegues 33
Figura 25. Servicio WEB InfoUser 34
Figura 26. Servicio WEB respuesta InfoUser 35
Figura 27. Servicio WEB InfoMadre 35
Figura 28. Servicio WEB respuesta InfoMadre 36
Figura 29. Servicio WEB InfoPadre 36
Figura 30. Servicio WEB respuesta InfoPadre 37
Figura 31. Servicio WEB InfoBebe 37
Figura 32. Servicio WEB respuesta InfoBebe 38
Figura 33. Servicio WEB Predicción 38
Figura 34. Servicio WEB respuesta Predicción 39
Figura 35. Servicio WEB InfoLocalidades 39
Figura 36. Servicio WEB EstadoConyugal 40
Figura 37. Servicio WEB Genero 41
Figura 38. Servicio WEB EmbMultiple 41
Figura 39. Servicio WEB NivelEducativo 42
Figura 40. Servicio WEB RegimenSalud 43
Figura 41. Servicio WEB TipoParto 43
Figura 42. Interfaz principal 44
Figura 43. Registro de usuario 44
Figura 44. Mensaje de alerta registro de usuario 45
Figura 45. Inicio Sesión 45
Figura 46. Mensaje de alerta inicio de sesión 46
Figura 47. Mensaje alerta usuario no existe BD 46

Figura 48. Registro de predicciones realizados..... 47

Figura 49. Detalle de predicción 47

Figura 50. Actualización datos personales..... 48

Figura 51. Mensaje de alerta actualización datos 48

Figura 52. Mensaje de alerta actualización de datos 49

Figura 53.Campos obligatorios registro de predicción 49

Figura 54. Interfaz usuario administrativo..... 50

Figura 55. Grafica persentil registrados. 50

Figura 56.Excel de informe usuario admnistrador..... 51

Indice de Tablas

Tabla 1.Requerimientos Funcionales.....26

Tabla 2. Requerimientos no funcionales 26

Introducción

La Inteligencia Artificial en medicina, analiza un gran volumen de datos siguiendo parámetros ya definidos por especialistas en la materia que son capaces de proponer soluciones a problemas médicos (Torres Garzón, Moreno Espinosa, & Muñoz Rodriguez, 2020). El BPN, se caracteriza por un peso inferior a 2,500 gramos, representa un problema crítico de salud pública a nivel global (Organización Mundial de la Salud, 2014). Esta condición conlleva implicaciones significativas para la salud neonatal y el desarrollo a largo plazo del individuo. Diversos factores, tanto maternos como ambientales, culturales, sociales y familiares, pueden influir en el desarrollo del BPN (Ministerio de Salud Argentina, 2023), lo que hace que su predicción y prevención sean de vital importancia.

Las metodologías de investigación en inteligencia artificial como lo pueden ser Machine learning, y la tecnica utilizada FastTreeRegression basada en .net microsoft, emergen como una herramienta poderosa para abordar esta problemática con datos cuantitativos, ya que permiten el análisis de múltiples variables y sus interacciones complejas (Redacción APD, 2023). Esta aproximación promete una mayor precisión en la detección temprana del riesgo BPN, lo que facilita la implementación de intervenciones preventivas y un seguimiento más riguroso durante el embarazo.

Al integrar datos demográficos y antecedentes médicos, así como indicadores fetales, se busca desarrollar un sistema de evaluación eficaz (TORRES RICAURTE, 2017). Se aspira que los frutos de esta investigación ayuden no solo a la mejora de las prácticas obstétricas, sino también a ofrecer una perspectiva valiosa sobre la aplicabilidad y el potencial de la IA en el ámbito de la salud materna y neonatal. En ese sentido, la presente tesis se centra en la utilización de las metodologías de inteligencia artificial para analizar el BPN durante el periodo de gestación, con el objetivo de determinar la probabilidad de esta patología en fetos en desarrollo.

Antecedentes

En una indagación realizada por estudiantes de la fundación universitaria los libertadores en Colombia, Bogotá, explican la importancia de analizar los datos que se obtienen en los electrocardiogramas de los bebes para prevenir la mortalidad infantil y materna, utilizando modelos de machine learning. La investigación indica que la Universidad Técnica Checa y el Hospital Universitario de Brno en Praga recopilo 552 registros de cardiotocografía, estos registros fueron seleccionados de un grupo de 9164 grabaciones recientemente reunido en el Hospital Universitario de Brno en Praga. Se priorizó la insercion de grabaciones que cumplían con un dictamen específico, como embarazos únicos, gestación de más de 36 semanas, falta de desarrollo conocidos, entre otros. Cada grabación tiene una duración de hasta 90 minutos e incluye información detallada sobre la frecuencia cardíaca fetal, datos clínicos relacionados con la madre, señal de contracción uterina. el parto y el feto.

Adaptando recursos computacionales y porcentaje de efectividad para prevenir posibles afectaciones de salud para el feto, impulsando la automatización, predicción y clasificación (diagnóstico) del estado del feto. Entre los modelos comprobados, el Extreme Gradient Boosting presentan los mejores resultados alcanzando una precisión del 97.0% para categorizar el estado del feto. (Arevalo Rodriguez, Jimenez Prieto, & González Veloza, 2023).

En la universidad el Bosque, se realizó un modelo de predicción de crecimiento en la etapa de gestación en pacientes con labio y paladar hendido, asistido por inteligencia artificial (IA) donde se realiza la predicción de posible nacimiento con bajo peso, se evalúa mediante la predicción con técnicas de IA, el crecimiento corporal-físico, óseo, talla, entre otros (Portuese Martínez & Sánchez Vargas, 2023).

Un estudio realizado en China genero la posibilidad de que un procedimiento neuronal artificial logre pronosticar el riesgo de enfermedad ósea metabólica neonatal (MBD) en los estados prenatal y posnatal, el estudio de diagnóstico recolectó información de 10,801 hijos y sus madres embarazadas. Los datos se generaron del 1 de enero del 2012 a el 31 de diciembre de 2021 en Shanghái, China.

Luego se aprovecho un modelo de red neuronal artificial para el desarrollo de cinco modelos de diagnostico con distintas pruebas, desde el periodo prenatal hasta el posnatal, luego esa información fue clasifica por los investigadores. De las 10,801 mujeres que ayudaron con la informacion, 138 dieron nacimiento de un bebé con una (MBD). Los hallazgos mostraron que el uno de los factores mas importantes es que los bebes hallan nacido con bajo peso al nacer siendo el factor predictivo más revelante (Salud Digital Fundacion Slim, 2021).

En uno de los modelos se seleccionaron métodos de regresión logística, en el segundo modelo se utilizaron condiciones nutricionales de la madre, para el tercero uso de medicamento y complicaciones gestacionales, para el cuarto los factores Prenatales y en el quinto factores postnatales las características que fueron utilizadas para predecir el riesgo de MBD, fueron las métricas como (BPN), trastornos neonatales como la anemia, la edad de la madre, sintomas de dificultad respiratoria, características del primer modelo que es el mas eficas para bebes en riesgo de (MBD)

Donde se identificó que la característica mas importante para predecir el (MBD) en los bebes es el (BPN) con una valor significativo del 50,5%, Además, de que juntar los factores prenatales y posnatales proporcionó un pronostivo más preciso. De igual manera, revelaron que se necesitan más estudios sobre este tema para indagar y mejorar los hallazgos en otro tipo de comunidades que padecen la condición (Consultor Salud SAS, 2023).

Justificación

El (BPN) es una problemática de salud mundial, que constituye un desafío para la ciencia a lo largo de la historia, esta preocupación creciente desde mediados del siglo XX, relacionado muertes maternas e infantiles (Pan American Health Organization (PAHO), 2018). Uno de los índices mas importantes para determinar la supervivencia del recién nacido y tener un crecimiento sano es el BPN, uno de los principales causantes de problemas obstétricos. Que origina aproximadamente 5 millones de fallecimientos al año, en específico el BPN determina el 60% de mortalidad infantil (Suárez Orama, Pupo Pérez, Ochoa Suárez, & Urquiza Yero, 2019).

Se han desarrollado versiones de algoritmos de inteligencia artificial (IA) que permiten organizar los resultados neuronales en función de los estímulos que las provocan. Estudios indican que un 40% de los bebés con (BPN) sufrirán complicaciones en el neurodesarrollo del lenguaje (La Universidad de Barcelona, 2023), un análisis realizado con minería de datos y machine learning por la universidad de granada, da a conocer que durante el periodo de gestación con bajo peso del feto, aumenta el riesgo de tener rangos deficinte del coeficiente intelectual (IQ) en la expresión oral, bajos niveles de desarrollo social y problemas de comunicación (Azaryah, 2020).

Se ve la necesidad de hacer una investigación, fundamentada en desarrollar un modelo predictivo con inteligencia artificial, para dar una ayuda a las madres en estado de embarazo que tengan inconvenientes en su periodo de gestación, aportando a la disminución de las cifras de los nacimientos con bajo peso en los bebes. Además, al prevenir casos de bajo peso al nacer, se espera reducir la cifra de nacimientos con esta condición. Esto tiene un impacto en el el bienestar y salud de los recién nacidos, ya que el bajo peso al nacer está asociado con una serie de complicaciones y peligro para la salud general a corto y largo plazo. Generando alertas a los padres mediante un modelo predictivo basado en inteligencia artificial.

Identificación del problema

En Bogotá, en el año 2022, de toda la cifra de nacidos, se registró un porcentaje del 15,2% de (BPN) (Observatorio de Salud de Bogotá, 2022). En Colombia el (BPN) tiene una prevalencia del 9%; entre los años 2005 y 2021, 9 de cada 100 nacidos vivos tuvieron bajo peso (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022).

Donde se identifica los problemas que tienen los bebes al nacer con bajo peso desde el primer momento son asfixia perinatal, hipoglucemia, hipotermia, hipocalcemia aspiración de meconio, y policitemia, además de las problemas asociados a inmadurez, donde tambien identificaron que los bebes nacidos en esta condicion (BPN), valorados 20 años despues tubieron una mayor dificultad para finalizar su educacion y cuentan con trabajos menos remunerados (Velázquez Quintana, Masud Yunes Zárraga, & Ávila Reyes, 2003).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) cuentan que en el mundo por cada 6 recién nacidos nace 1 con bajo peso. También refiere que, a escala mundial, el índice de (BPN) es cercano a un 17 % y es superior en los países subdesarrollados. La OPS indica que entre las principales causas del (BPN) se encuentran el embarazo múltiple, el parto prematuro, y la presencia de enfermedades relacionadas con la gestación. Genera gran relevancia tener conocimiento en esta temática ya que el bajo peso al nacer puede repercutir negativamente en el desarrollo de las personas.

Pregunta problema

¿Cómo se puede utilizar la inteligencia artificial para predecir escenarios de riesgo relacionados con el bajo peso en bebés recién nacidos utilizando datos capturados a través de una aplicación web?

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un modelo de inteligencia artificial basado en datos capturados a través de una aplicación web para predecir escenarios de riesgo relacionados con el bajo peso al nacer.

Objetivos específicos

- Identificar variables que se relacionan con la ocurrencia de bajo peso al nacer.
- Realizar el levantamiento de información correspondiente que lleve a construir el modelo de requerimientos.
- Desarrollar un aplicativo WEB que incorpore un modelo predictivo de inteligencia artificial para pronosticar escenarios de riesgos relacionados con bajo peso al nacer.
- Realizar pruebas de software con el fin de validar la efectividad del sistema.

Estado del arte

El (BPN), un fenómeno de gran relevancia en la salud materna y neonatal requiere una atención especializada para prevenir complicaciones a corto y largo tiempo. En este aspecto, la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) ha emergido como una herramienta crucial para mejorar la detección temprana y precisa del BPN durante el periodo de gestación. A continuación, se presenta un resumen de los acontecimeintos más destacados en este campo, incluyendo los métodos de investigación que respaldan la aplicación de la IA:

La IA, a través de técnicas de formacion automática como los árboles de decisión, redes neuronales y algoritmos de clasificación, ha demostrado su capacidad para analizar grandes conjuntos de datos que incluyen información demográfica, biométrica y antecedentes médicos. Estos modelos permiten la creación de sistemas de predicción precisos y personalizados para evaluar el riesgo de BPN (Article Reuse Guidelines, 2021)

La Universidad de Barcelona ha contribuido significativamente al proyecto al desarrollar una herramienta predictiva respaldada por inteligencia artificial para evaluar el grado de neurodesarrollo en bebés en condicion (BPN). Actualmente, la evaluación auditiva universal realizada rutinariamente al nacer no proporciona una predicción precisa de problemas en el neurodesarrollo, lo que puede llevar a retrasos y trastornos en el lenguaje que no se detectan inicialmente. Según la universidad, aproximadamente el 40% de los bebés nacidos con (BPN) experimentan complicaciones en el neurodesarrollo del lenguaje. La solución propuesta se basa en el guardar el electrofisiológico no invasivo del electroencefalograma del bebé dando respuesta a estímulos auditivos. Este registro es interpretado por una herramienta de inteligencia artificial capaz de de dar una evaluación cualitativa del peligro de tener retraso en el neurodesarrollo. Estos resultados cualitativos permitirá a los profesionales de la salud y sus familias implementar intervenciones personalizadas de manera temprana, antes de que cierren los períodos de plasticidad cerebral en el bebe, para mitigar los posibles peligros en el neurodesarrollo (Escera Micó, 2023).

La revista internacional de aplicaciones informáticas público un artículo del uso de modelos de aprendizaje automático para predecir el riesgo en (BPN) utilizando diferentes algoritmos de machine learning, comparan y contrasntan diferentes caracteristicas maternas y fetales con el fin de determinar cual tiene una mayor repercisión en la predicción del (BPN). Los datos que utilizaron son provenientes del regitro nacional de KNN en Corea, estos registros son del 2013 e involucraron aproximadamente el 70% de hospitales en el país. Recopilaron datos de 10,425 nacidos entre enero del 2013 y diciembre del 2017 en 67 hospitales. El estudio muestra Las tasas de diabetes gestacional materna, hipertensión y administración de esteroides prenatales fueron más elevadas en el conjunto de neonatos sobrevivientes en igualación con el conjunto de neonatos fallecidos (9,6% frente a 5,9%; 22,1% frente a 15,6%; y 84,2% frente a 79,6%, respectivamente). No obstante, se observaron tasas superiores de corioamnionitis histológica y rotura prematura de membranas (PROM) en el conjunto de neonatos fallecidos en igualación con el conjunto de neonatos sobrevivientes (41,9% frente a 35% y 41,4% frente a 36,3%, respectivamente) (Jeong Do, Min Moon, & Seung Jin, 2022).

Método

Identificación:

La Organización Mundial de la Salud define el (BPN) como un peso al nacer inferior a 2.500 gramos (Alcaldia Mayor de Bogotá, 2021), lo cual es un factor crucial para el crecimiento y desarrollo óptimo de un recién nacido. Con base en esta premisa, se accedió a una base de datos del Hospital Manuel Uribe Ángel en el departamento de Antioquia, donde se recopilaron registros de madres que dieron a luz entre los años 2018 y 2023. Esta base de datos proporciona información detallada sobre distintas características de la madre, el padre y el bebé (Datos Abiertos GOV.CO, 2023).

El conjunto de datos incluyó un total de 31 variables, de las cuales se seleccionaron aquellas más relevantes para la investigación. Entre estas, se destacaron la edad de la madre madres menores de 20 años tienen un 47.6% de probabilidad de dar a luz a bebés con bajo peso (Medina Carrillo, Romero Garibay, Paredes Estrada, & González Angulo, 2017), posiblemente debido a la falta de un aumento óptimo de peso en su cuerpo. Otro factor crucial que se extrajo fue el nivel educativo de la madre, ya que estudios indican que el 54% de las mujeres que dan a luz a bebés con un peso inferior o igual a 2500 gramos nunca habían asistido a la escuela (Medina Carrillo, Romero Garibay, Paredes Estrada, & González Angulo, 2017).

Asimismo, se consideraron las consultas prenatales a lo largo del embarazo. La atención prenatal, definida como el cuidado proporcionado a la mujer en estado de embarazo por un sistema formal de salud, se reveló como una de las medidas preventivas para identificar posibles riesgos durante el embarazo. La atención prenatal adecuada es crucial para llevar a cabo una vigilancia sistematizada del cuidado durante la gestación. De esta manera, se pudo identificar una relación significativa entre el número de consultas prenatales y el riesgo de bajo peso al nacer (Medina Carrillo, Romero Garibay, Paredes Estrada, & González Angulo, 2017).

Más del 50% de los bebés nacidos de embarazos múltiples experimentan (BPN). Esto se debe a diversos factores de riesgo, como la limitación de espacio en el útero, la compartición de placenta, el mayor riesgo de parto prematuro y la posibilidad de complicaciones maternas, como preeclampsia,

diabetes gestacional y otras condiciones que pueden influir en la salud y el desarrollo del feto (MARCH OF DIMES MD, 2021).

Estos factores, entre otros, fueron identificados como contribuyentes a la morbilidad, tal como se determinó en la investigación.

Con base en las investigaciones previas, se realizo un proceso de ETL (extracción, transformación y carga) para optimizar la utilidad de los datos. En este proceso, se extrajeron 14 campos del conjunto de datos original. Posteriormente, se procedió a la transformación de estos datos, lo cual implicó la limpieza de registros con valores vacíos y la organización de datos que presentaban inconsistencias y se procedió a la conversión de todos los registros a formatos numéricos. Esta transformación facilita la traducción y tratamietno de la información en el modelo de inteligencia artificial. Finalmente, este conjunto de datos depurado y procesado fue cargado en la base de datos, totalizando un volumen de 16.000 registros. Este enfoque de ETL permitió asegurar la integridad y relevancia de la información para su análisis y aplicación en el proyecto.

Las siguientes investigaciones proporcionarán un enfoque detallado sobre cómo es posible determinar el peso del feto durante la etapa de gestación:

La Revista Ecuatoriana de Pediatría llevó a cabo una investigación que demostró una alta concordancia entre la evaluación clínica y valoracion del peso fetal mediante ultrasonido al compararlos con el peso real al nacer. Para calcular el peso fetal calcularon el volumen del cuerpo fetal, donde se multiplica por su densidad, proporcionando así una estimación precisa del peso fetal. Diversos estudios han reportado un pequeño porcentaje de error medio, alrededor del 3%, en igualación con el peso real al nacer. Esta información precisa del peso fetal es de suma importancia en la atención prenatal, ya que el peso del bebe al nacer es un factor importante para la supervivencia del bebe recién nacido. Por tanto, priorizar el calculo del peso fetal es fundamental para las mujeres

embarazadas y puede ayudar a mitigar el riesgo de bajo o sobrepeso al nacer en relación con la edad gestacional (González Andrade & Velastegui Ayala, 2023).

Lola Rovati, periodista, indica que el calculo del peso fetal es crucial para evaluar el tamaño y el crecimiento del bebé en el útero, así como para detectar posibles trastornos. Durante una ecografía prenatal, se pronostica el peso del bebé utilizando medidas del perímetro de la cabeza, de la circunferencia abdominal, y la longitud del fémur. De igual manera, existe una fórmula conocida como la Regla de Dexeus, desarrollada por el señor Santiago Dexeus que es ginecólogo, donde proporciona una estimación del peso fetal durante la gestación. Según esta fórmula, el feto duplica su peso cada inicio de ciclo lunar desde el tercer hasta el sexto mes, y a en el inicio del sexto mes eleva su peso 700 gramos por mes. Es crucial tener en cuenta que esta fórmula es una estimación, ya que todo bebé tiene un ritmo propio de desarrollo y legado genético que influyen en su peso al nacer. Aunque no todos los recien nacidos nacen con 3,100 kg, este valor se utiliza como una referencia promedio (Clinical and Ultrasound Estimation of fetal weight in term pregnancies, 2021).

Las siguiente investigacion proporcionarán un enfoque detallado sobre cómo se determina el persentil durante la etapa de gestación:

Los percentiles son herramientas estadísticas utilizadas para comparar y evaluar el peso del bebé, se toman en cuenta diferentes medidas como la longitud del fémur, circunferencia abdominal y el diámetro biparietal de la cabeza. Estos valores son analizados mediante un programa informático que proporciona un pronostico del peso fetal. En las tablas de percentiles, además de la edad gestacional, se tiene en cuenta el sexo del bebé. Por lo general, los varones tienden a tener un peso mayor que las niñas (Matrona del Hospital Clínico San Carlos (Madrid), 2020).

Levantamiento de información:

Durante el proceso de recolección de información, se implementó la técnica de encuesta. Esta encuesta fue diseñada a partir de un cuestionario compuesto por una pregunta cerrada y nueve de opción múltiple. Estas preguntas proporcionaron información valiosa sobre la perspectiva de los

encuestados y ayudaron a determinar la necesidad de una herramienta de software que apoye la detección del bajo peso al nacer.

Para llevar a cabo el trabajo de campo en las encuestas, se distribuyeron tanto a mujeres con y sin hijos, con el fin de obtener una amplia gama de opiniones. Asimismo, se incluyó a hombres en el proceso de encuestado para asegurarse de obtener una perspectiva completa y equilibrada.

A continuación, se presenta la información recopilada:

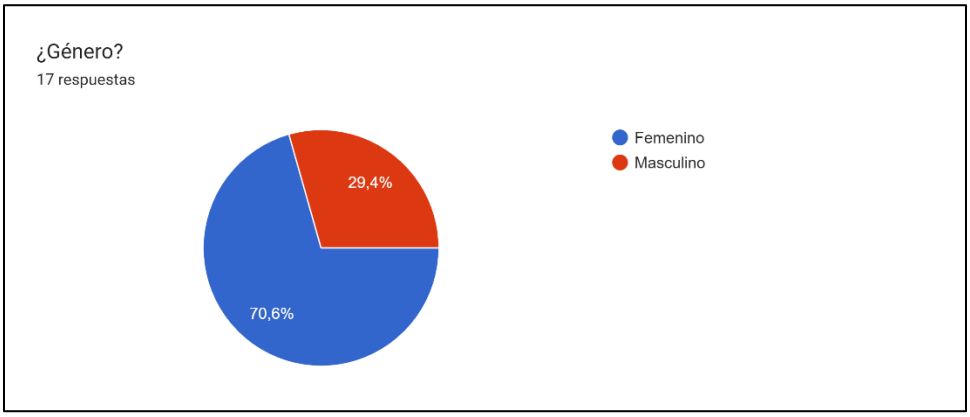


Figura 1. Genero del encuestado

Nota. Elaboración propia.

Podemos determinar que la mayoria de los encuastados eran mujeres.

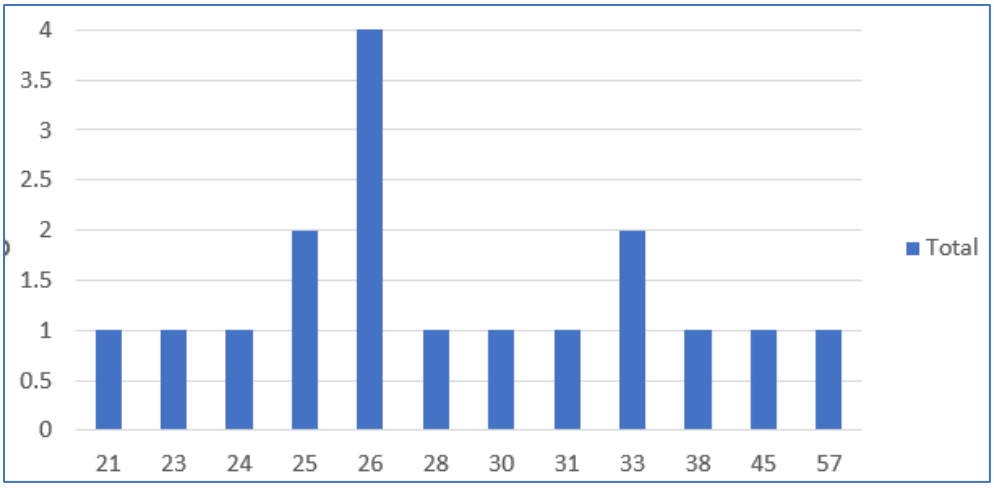


Figura 2. Edad del encuestado

Nota. Elaboración propia.

Podemos determinar que la mayor parte de las personas que realizo la encuesta tienen la edad de 26 a 33 años.

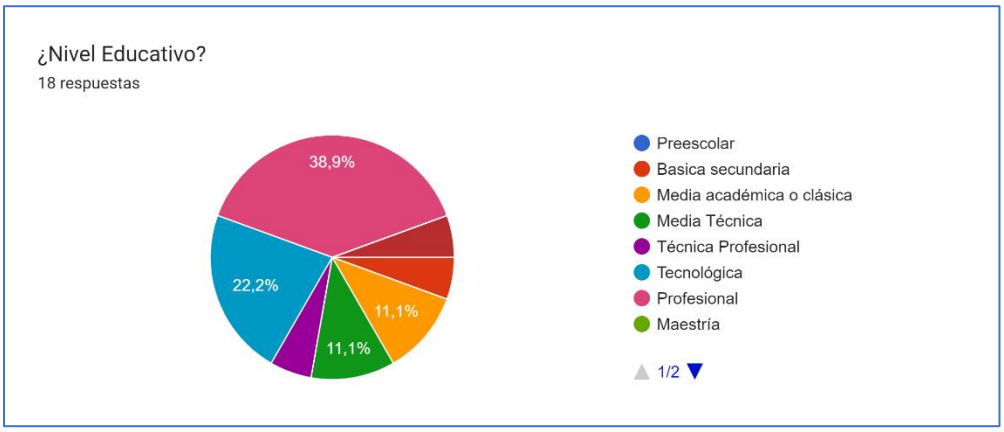


Figura 3. Nivel educativo del encuestado

Nota. Elaboración propia.

Podemos determinar que la mayor parte de personas que realizo la encuesta son tecnológicos y profesionales.

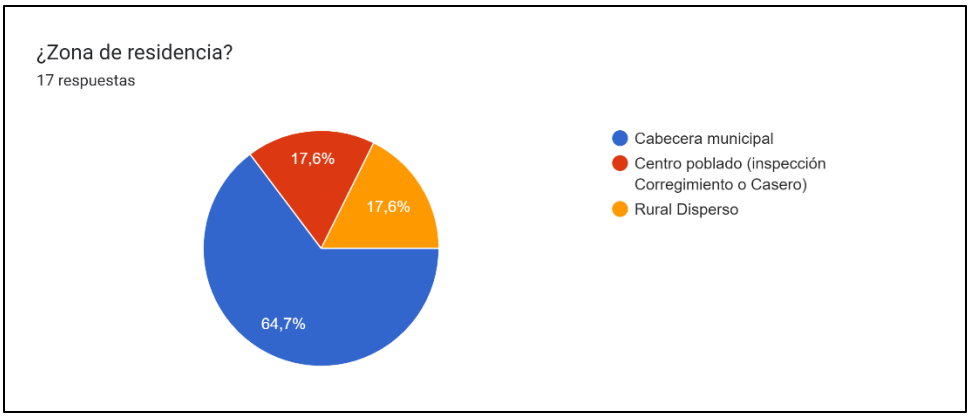


Figura 4. Zona de residencia del encuestado

Nota. Elaboración propia.

Podemos determinar que la mayor parte de personas que realizo la encuesta se encuentra en la zona de cabecera municipal.

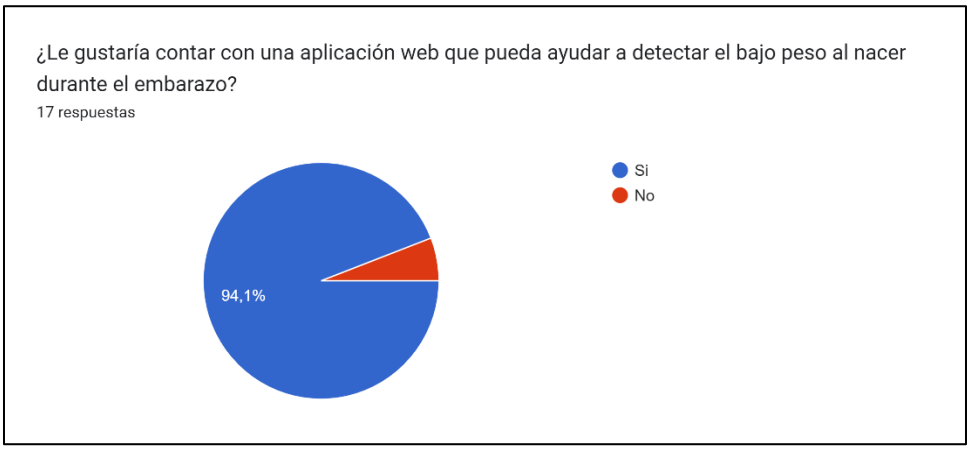


Figura 5. Se pregunta si le gustaria contar con un aplicativo para el BPN

Nota. Elaboración propia.

La mayoria de personas que realizo la encuesta indican que si les gustaría tener una aplicación web para detectar el bajo peso durante el embarazo.

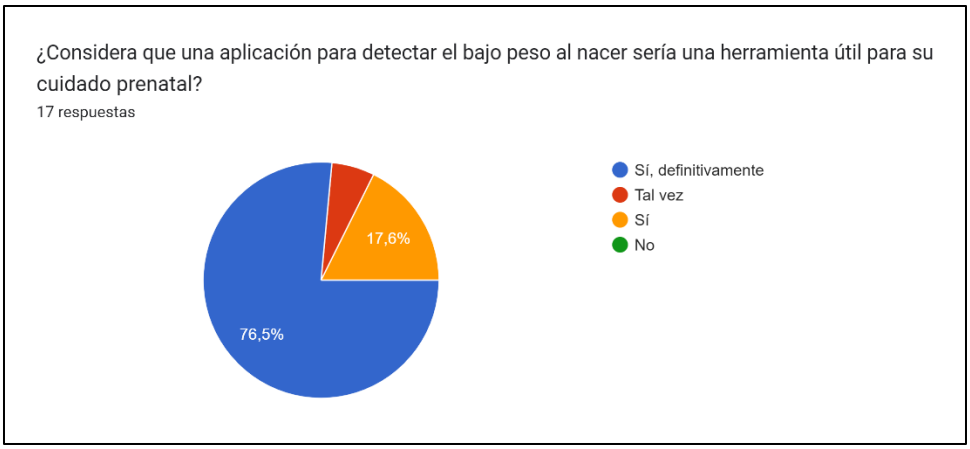


Figura 5. Se preguta si le parece util un aplicativo para detectar el bajo peso al nacer

Nota. Elaboración propia.

La mayoria de personas indican que definitivamente sería útil una herramienta para seguimiento en la etapa prenatal

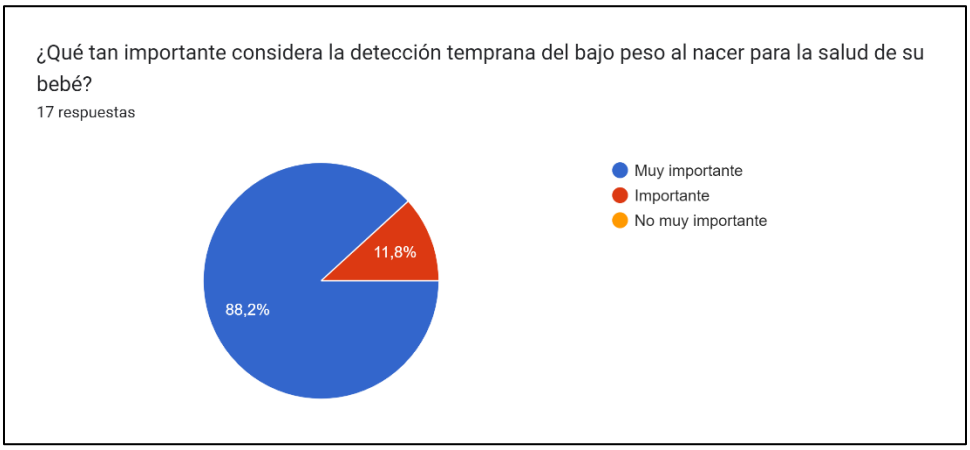


Figura 6. Se pregunta sobre la importancia de detección temprana del bajo peso

Nota. Elaboración propia.

La mayoria de personas indican que es muy importante la detección temprana del bajo peso al nacer.

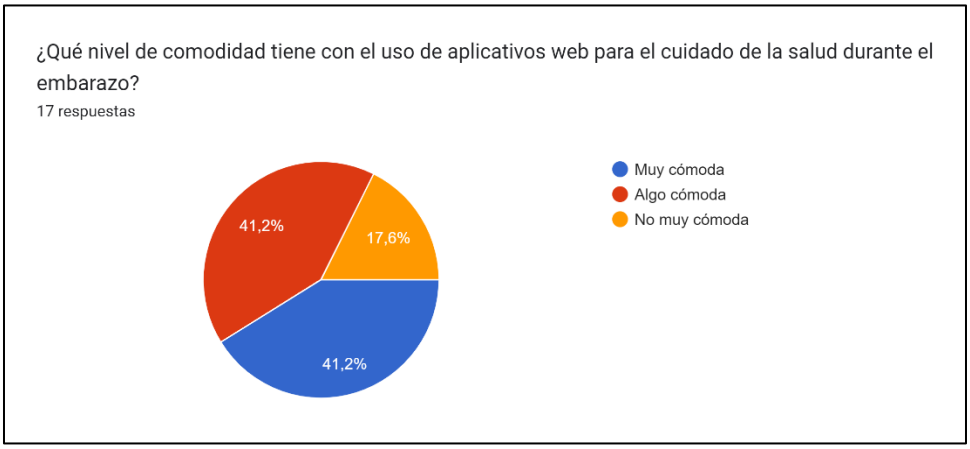


Figura 7. Se pregunta si se siente comodo con el uso de aplicativo web durante el embarazo

Nota. Elaboración propia.

Podemos determinar comodidad con el uso de aplicativos para el seguimiento en la etapa del embarazo.

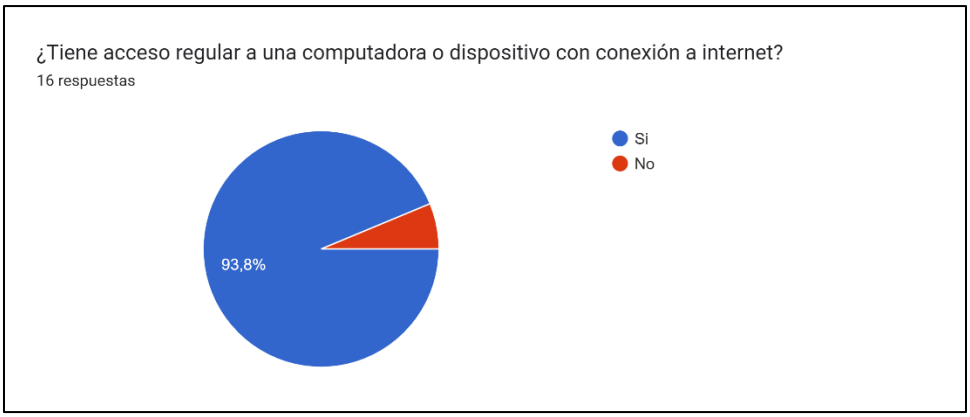


Figura 8. Se pregunta si tiene acceso a una computadora y acceso a internet

Nota. Elaboración propia.

Podemos determinar que la mayoría de las personas cuentan con acceso a un dispositivo con conexión a internet.

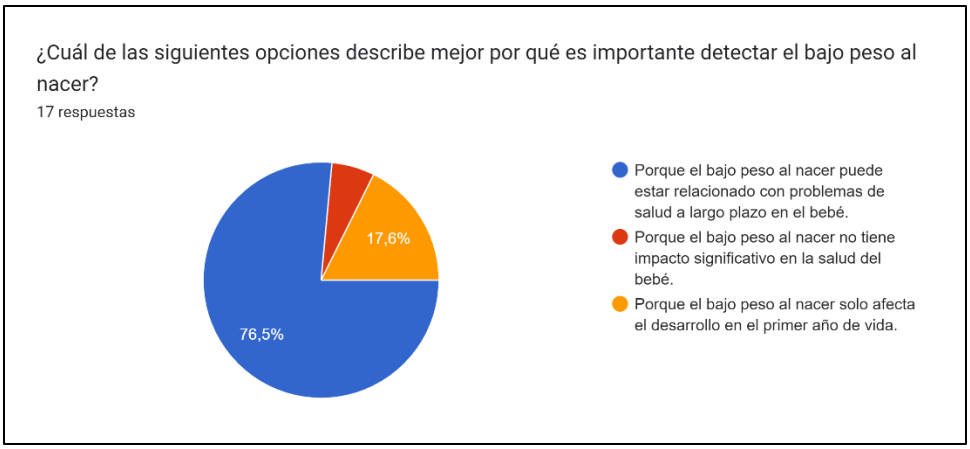


Figura 9. Se pregunta sobre la importancia de detectar el bajo peso al nacer.

Nota. Elaboración propia.

Podemos determinar que la mayoría de las personas encuestadas es importante la detección temprana del bajo paso ya que él bebe puede tener problemas de salud a largo plazo.

Requerimientos funcionales

Código	**Descripción de requerimiento**
REF 01	El sistema deberá permitir registrar datos en el formulario por el usuario.
REF 02	El sistema deberá dar respuesta de los datos ingresados, donde indique la probabilidad del bajo peso
REF 03	El sistema deberá permitir registrar los datos básicos a los usuarios del sistema para la creación de usuario y el ingreso al sistema.
REF 04	El sistema deberá validar la información de los datos registrados en cada campo seleccionado.
REF 05	El sistema permitirá ingresar, modificar, consultar los datos personales del usuario.
REF 06	El sistema permitirá realizar varios registros por el usuario de predicción.

REF 07	El sistema permitirá visualizar los registros ingresando de predicción por el usuario.
REF 08	El sistema deberá generar informes sobre las predicciones registradas, al usuario administrador.

Tabla 1.Requerimientos Funcionales

Nota: Estos hacen referencia a los requerimientos que debe tener y cumplir el aplicativo WEB ante el proceso de las entradas y de las salidas, los cuales se obtienen del levantamiento de la información preliminar.

Requerimientos no funcionales

Código	**Descripción de requerimiento**
REF 01	El tiempo de respuesta del sistema es de 5 segundos para cualquier consulta.
REF 02	El sistema debería proporcionar mensajes de error informativos al usuario final.
REF 03	El sistema compatibilizará con el navegador Chrome.
REF 04	El sistema deberá estar disponible 100% para el usuario.
REF 05	El sistema garantizara que los datos se encuentren protegidos.
REF 06	El sistema debe contar con un entorno intuitivo para el usuario

Tabla 2. Requerimientos no funcionales

Nota: Los requerimientos no funcionales definen las especificaciones de las propiedades del sistema como por ejemplo la fiabilidad del sistema o lo necesario para su función detrás de la vista del usuario.

Diseño y desarrollo

Se ha adoptado la estructura de programación MVC (Modelo-Vista-Controlador), el cual es un modelo de diseño de software fundamental para implementar interfaces de usuario, gestión de datos y lógica de control. En el Modelo, se emplea SQL Server como sistema de administración de bases de datos para el almacenamiento de los datos de entrada y salida. Para la Vista, se ha optado por utilizar Angular, TypeScript y JavaScript para la lógica, mientras que HTML y CSS se encargan de la parte visual. El Controlador, por su parte, se basa en .NET Core y C#, permitiendo la administración eficaz de la información procedente del motor de la base de datos.

Para seleccionar la técnica indicada y eficaz para realizar el modelo de pronostico del (BPN) se realizó el siguiente proceso:

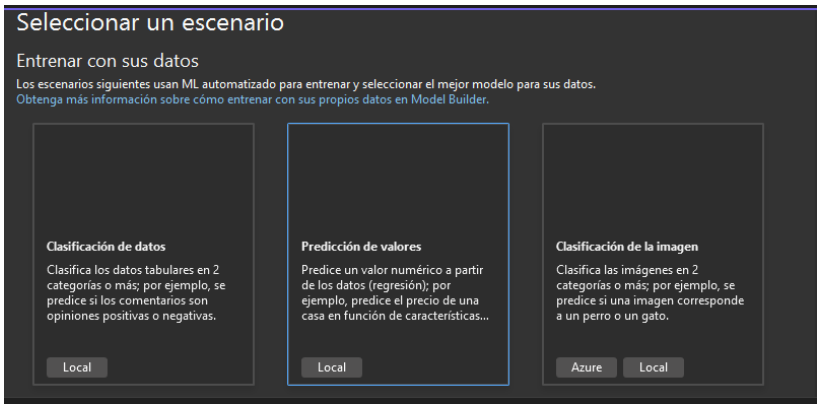


Figura 10. Selección de valores IA

Nota. Elaboración propia

Para la predicción del modelo de BPN se seleccionó la opción Predicción de valores en .net.

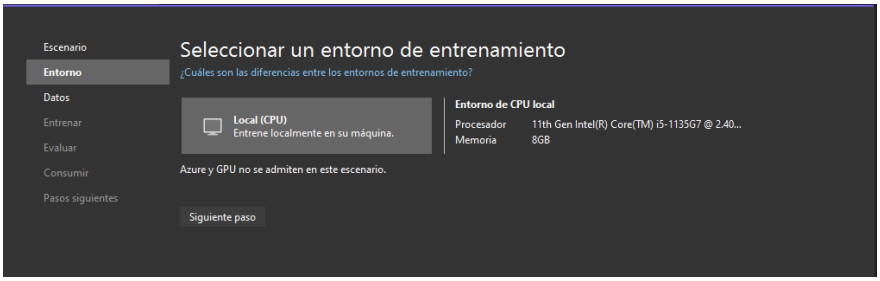


Figura 11. Selección de entorno IA

Nota. Elaboración propia

Luego el entorno donde va a trabajar, en este caso se seleccionó de manera local.



Figura 12. Elección de tabla a cargar IA

Nota. Elaboración propia

Para el procesamiento del modelo, elegimos una tabla previamente cargada.

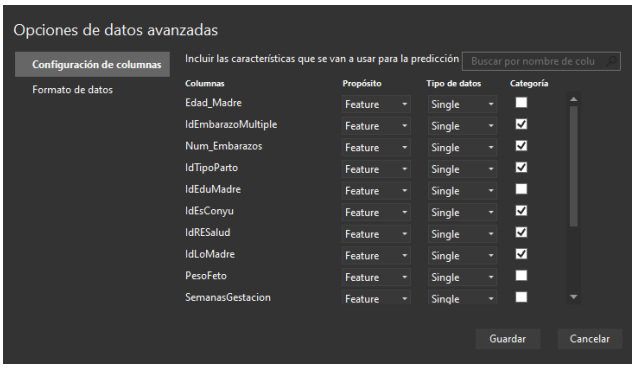
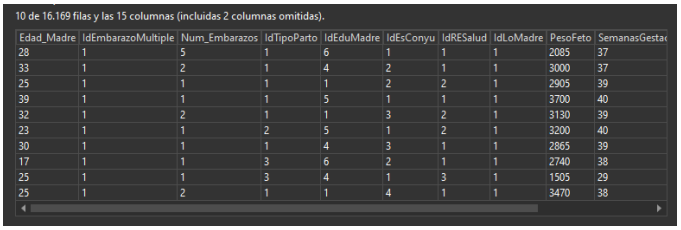


Figura 13. Tabla previamente cargada IA

Nota. Elaboración propia

Datos de entrada.



10 de 16.169 filas y las 15 columnas (incluidas 2 columnas omitidas).

Edad_Madre	IdEmbarazoMultiple	Num_Embarazos	IdTipoParto	IdEduMadre	IdEsConyu	IdRESalud	IdLoMadre	PesoFeto	SemanasGestac
28	1	5	1	6	1	1	1	2085	37
33	1	2	1	4	2	1	1	3000	37
25	1	1	1	1	2	2	1	2905	39
39	1	1	1	5	1	1	1	3700	40
32	1	2	1	1	3	2	1	3130	39
23	1	1	2	5	1	2	1	3200	40
30	1	1	1	4	3	1	1	2865	39
17	1	1	3	6	2	1	1	2740	38
25	1	1	3	4	1	3	1	1505	29
25	1	2	1	1	4	1	1	3470	38

Figura 14. Vista previa de datos IA

Nota. Elaboración propia

Vista previa de los datos.

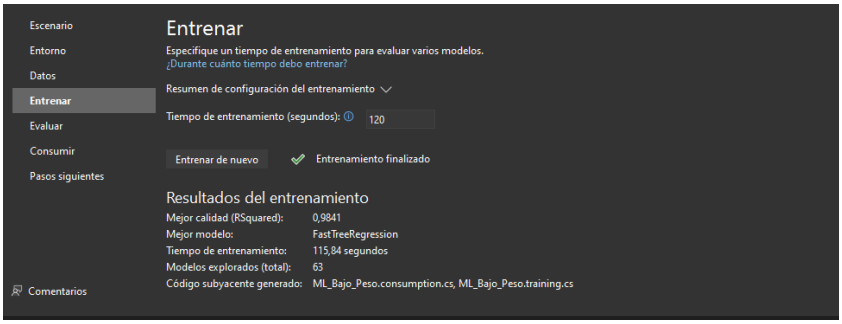
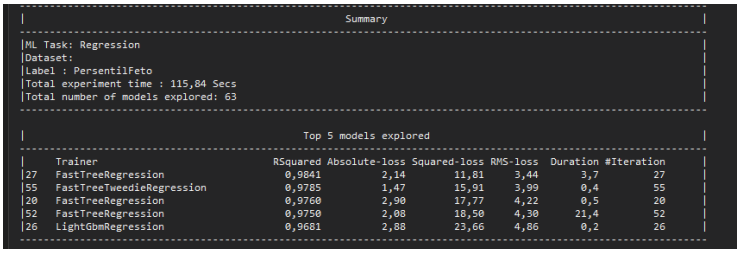


Figura 15. Tiempo establecido de ejecución IA

Nota. Elaboración propia

Posteriormente, se estableció un tiempo predeterminado de ejecución de 120 segundos para verificar el modelo óptimo. Tras un exhaustivo análisis de 63 modelos, se determinó que el más efectivo para nuestro proyecto es el FastTreeRegression, con una impresionante precisión de predicción de 0.9841.



Summary

ML Task: Regression
Dataset:
Label : PersentilFeto
Total experiment time : 115,84 Secs
Total number of models explored: 63

Top 5 models explored

	Trainer	RSquared	Absolute-loss	Squared-loss	RMS-loss	Duration	#Iteration
27	FastTreeRegression	0,9841	2,14	11,81	3,44	3,7	27
55	FastTreeTweedieRegression	0,9785	1,47	15,91	3,99	0,4	55
20	FastTreeRegression	0,9760	2,90	17,77	4,22	0,5	20
52	FastTreeRegression	0,9750	2,08	18,50	4,30	21,4	52
26	LightGbmRegression	0,9681	2,88	23,66	4,86	0,2	26

Figura 16. Top 5 de modelos IA

Nota. Elaboración propia

Se visualiza el top de los 5 modelos con porcentajes más eficaces.

De acuerdo con lo anterior, FastTreeRegression es un componente esencial dentro de la biblioteca de aprendizaje automático de código abierto conocida como ML.NET, desarrollada por Microsoft y ampliamente utilizada para construir modelos de aprendizaje automático en aplicaciones .NET. Se optó por esta técnica que esta basada en arboles de decision o regresión FastTreeRegressionTrainer para la implementación en el proyecto.

Esta elección se debe a que esta técnica se apoya en el algoritmo de árboles de decisión, el cual demuestra una efectividad destacada en problemas de regresión al predecir valores numéricos de

manera eficaz. Además, tiene la capacidad de manejar diversos tipos de datos y adaptarse a diferentes escenarios de regresión. La precisión de predicción estimada para nuestro proyecto alcanza un notable 0,9841% (Microsoft Ignite, 2022).

Diagrama de casos de usos

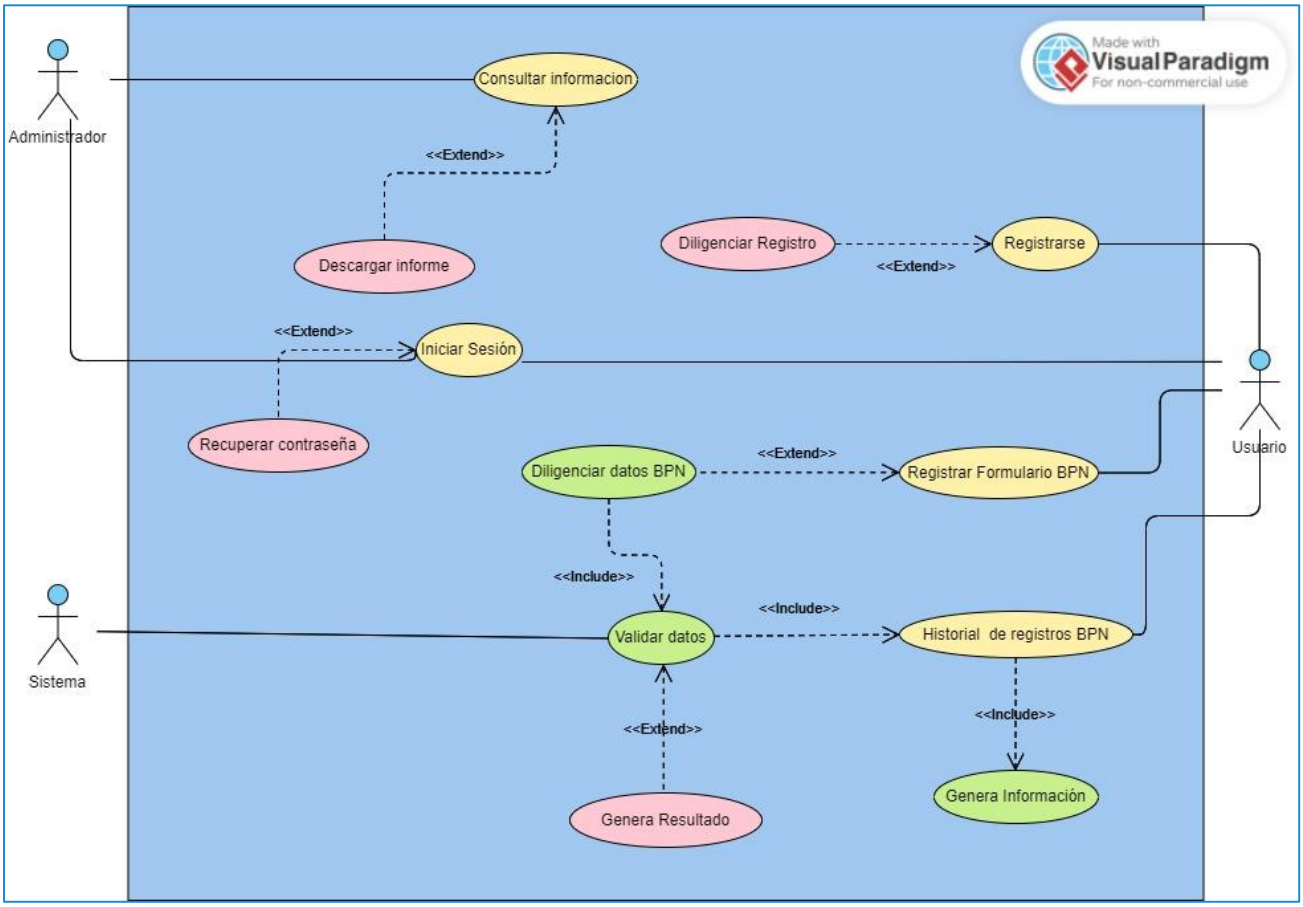


Figura 17. Caso de uso general del sistema

Nota. Elaboración propia.

Caso de uso general del sistema propuesto

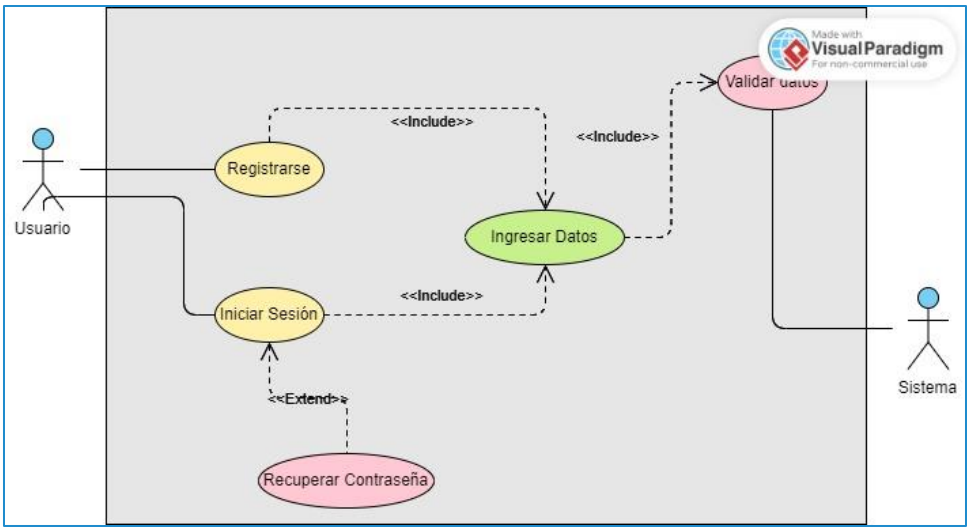


Figura 18. Caso de uso inicio de sesión

Nota. Elaboración propia.

Caso de uso específico para el inicio de sesión del sistema propuesto

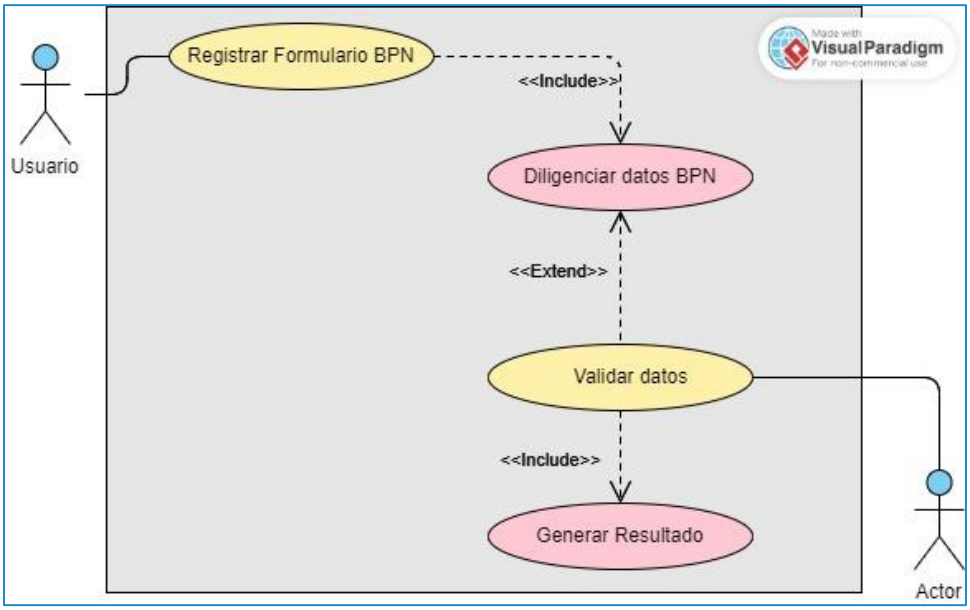


Figura 19. Caso de uso rol usuario

Nota. Elaboración propia.

Caso de uso específico para el rol usuario en el sistema propuesto

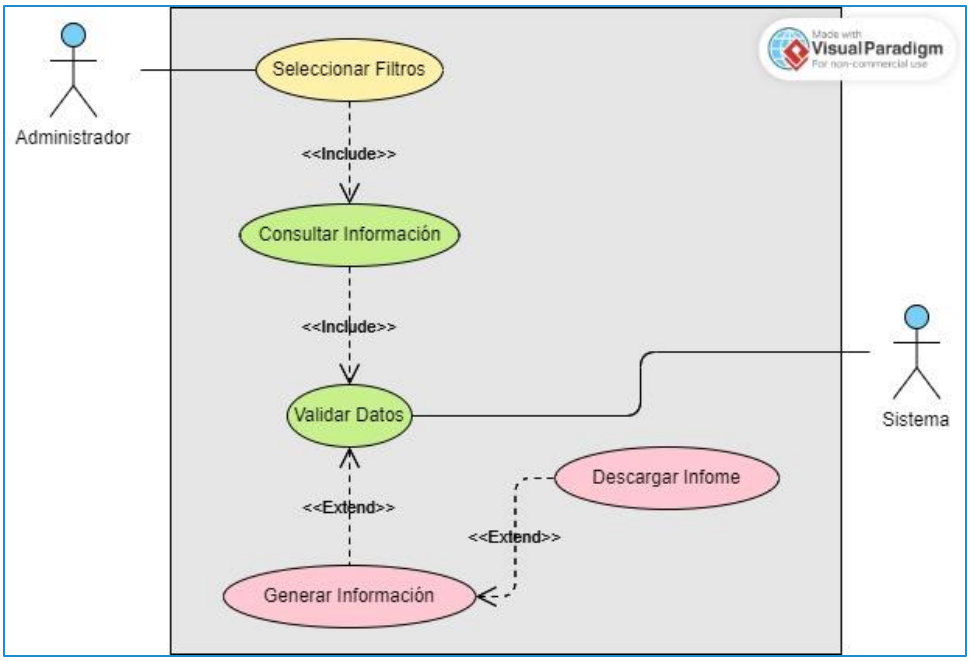


Figura 20. Caso de uso rol administrador

Nota. Elaboración propia.

Caso de uso específico para el rol Administrativo en el sistema propuesto

Diagrama de clases

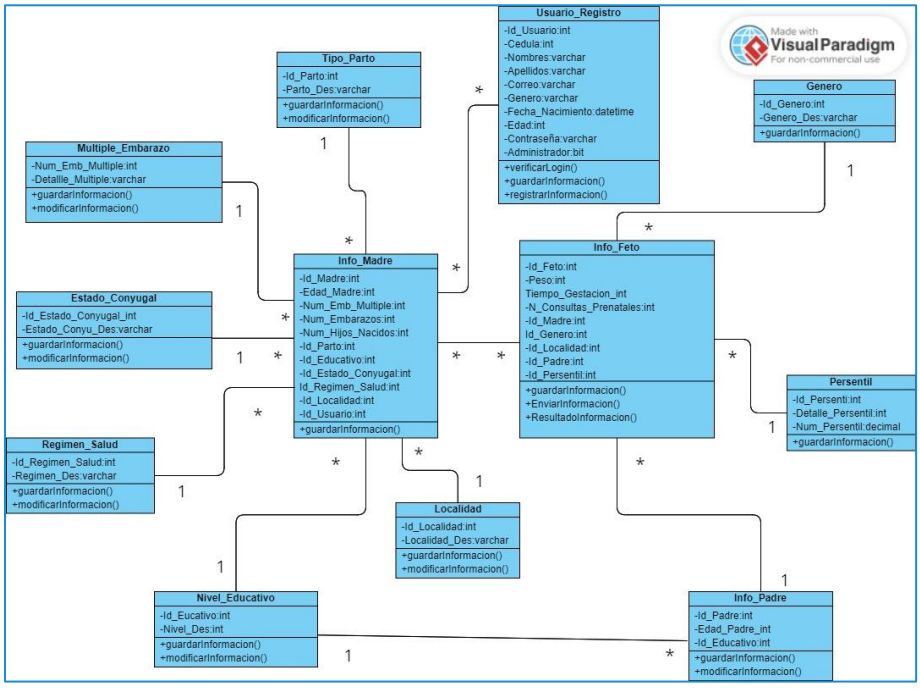


Figura 21. Diagrama de clases

Nota. Elaboración propia.

Modelo Entidad Relación

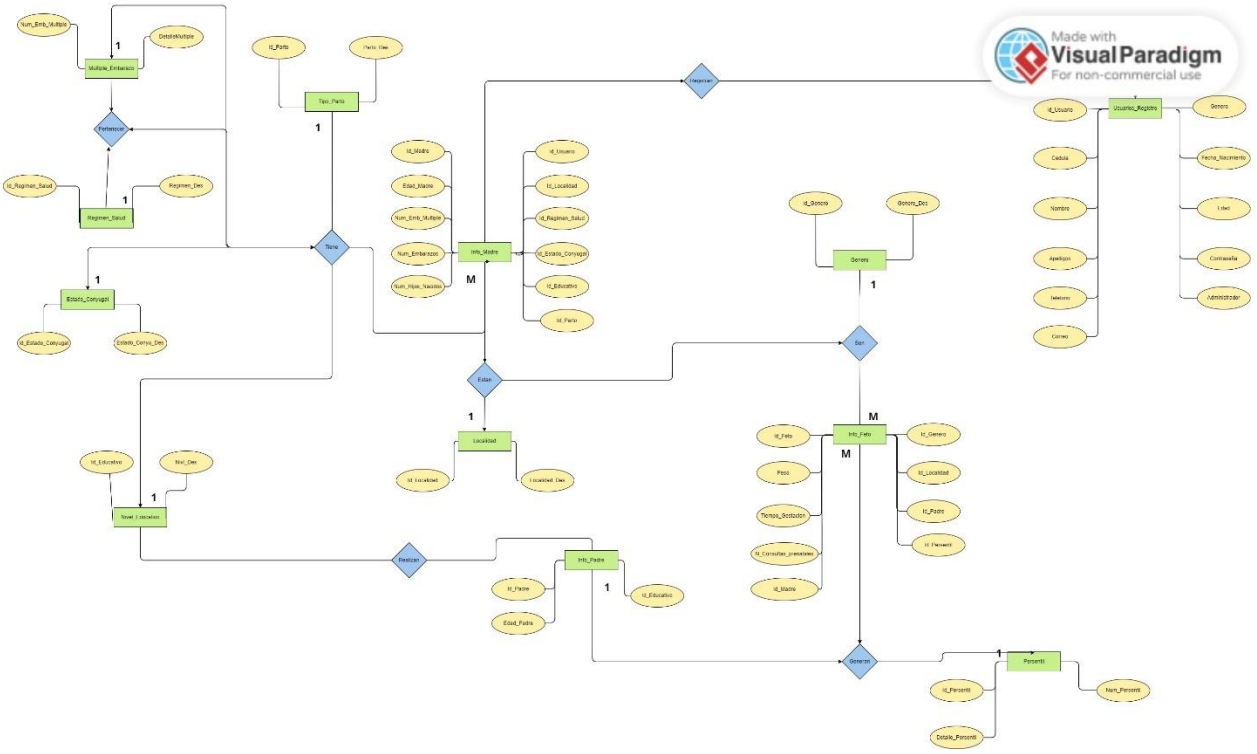


Figura 22. Diagrama MER

Nota. Elaboración propia.

Diagrama de despliegue

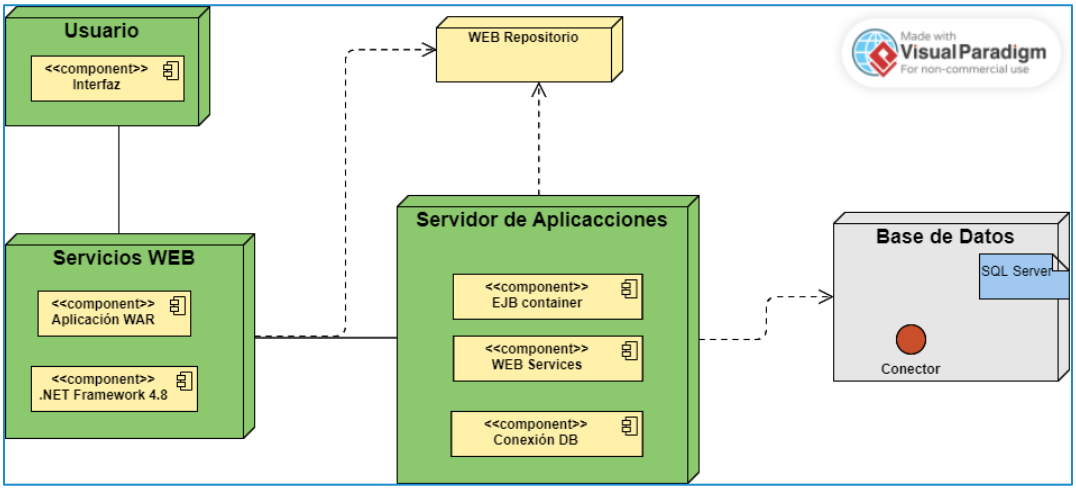


Figura 23. Diagrama de despliegues

Nota. Elaboración propia.

Evaluación

Se realizaron pruebas en 10 servicios web, que incluyeron peticiones tanto de tipo GET como POST. Estas pruebas se llevaron a cabo utilizando la herramienta Swagger, la cual proporciona una plataforma eficaz para la validación y prueba de los servicios web desarrollados.

1. Servicio de registro de usuario.

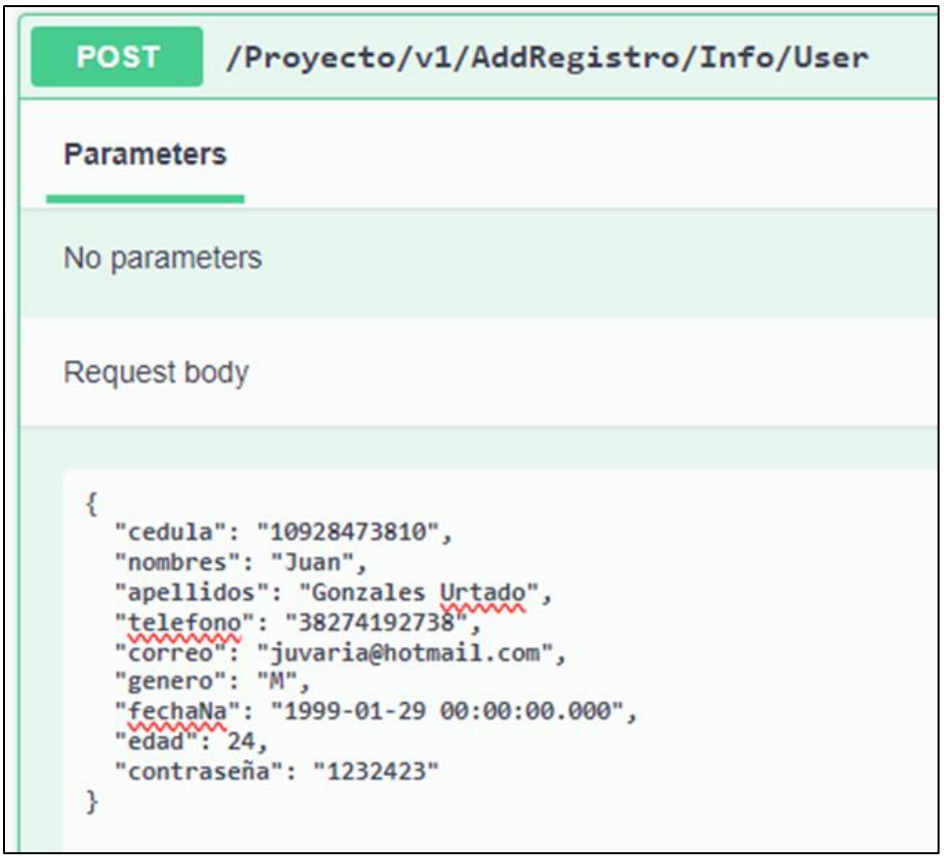


Figura 24. Servicio WEB InfoUser

Nota. Elaboración propia.

Se ingreso datos de entrada ya existentes en la BD.

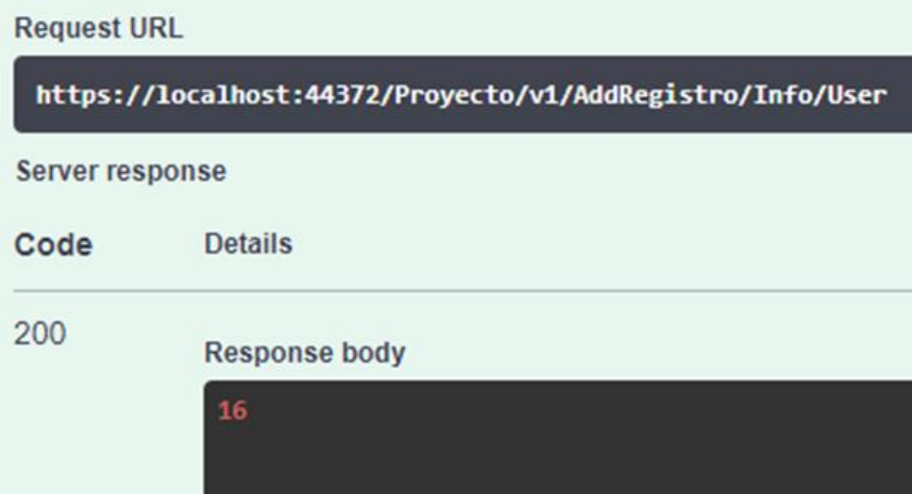


Figura 25. Servicio WEB respuesta InfoUser

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, es el id del usuario que devuelve la BD

2. Servicio de información de madre



Figura 26. Servicio WEB InfoMadre

Nota. Elaboración propia.

Se ingreso datos de entrada ya existentes en la BD.

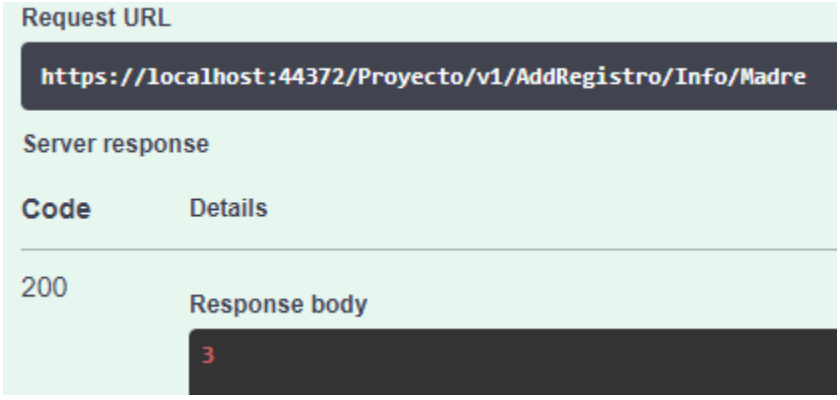


Figura 27. Servicio WEB respuesta InfoMadre

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, es el id del registro de madre que devuelve la BD

3. Servicio de información de padre



Figura 28. Servicio WEB InfoPadre

Nota. Elaboración propia.

Se ingreso datos de entrada ya existentes en la BD.

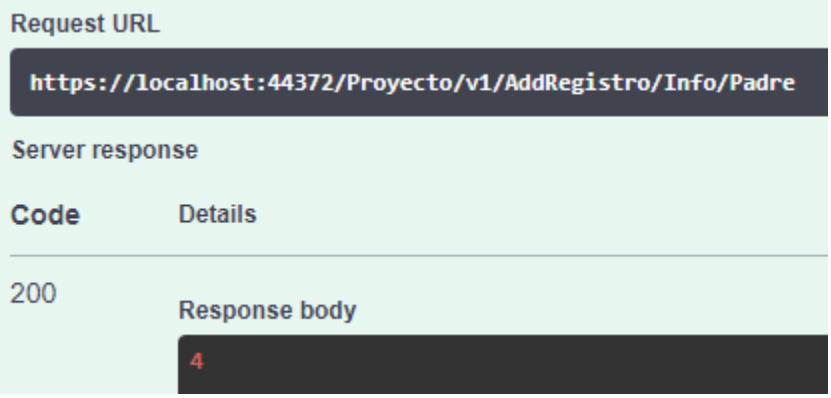


Figura 29. Servicio WEB respuesta InfoPadre

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, es el id del registro de padre que devuelve la BD.

4. Servicio de información de bebe o feto

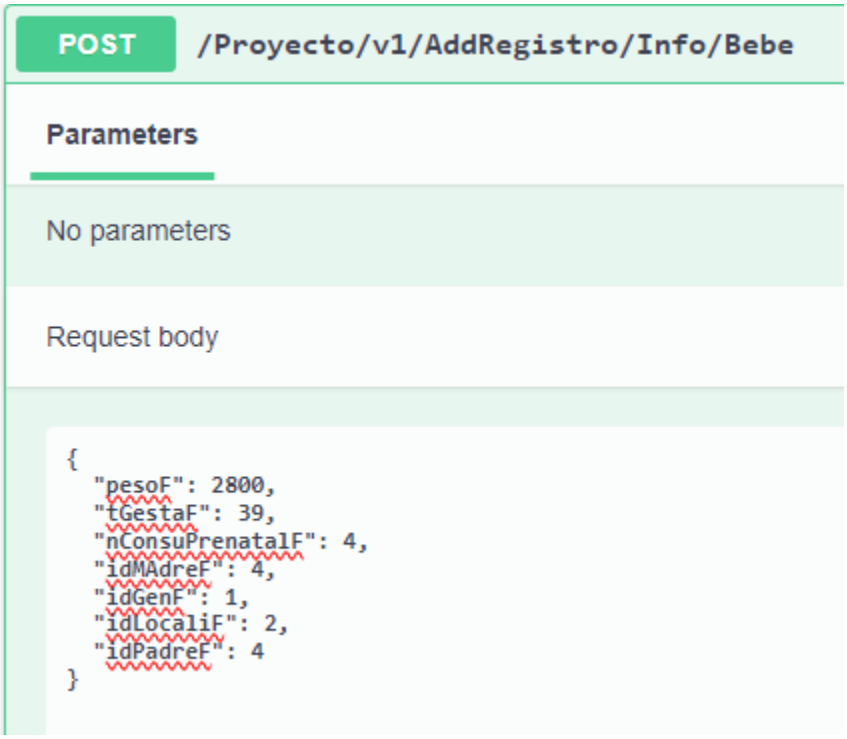


Figura 30. Servicio WEB InfoBebe

Nota. Elaboración propia.

Se ingreso datos de entrada ya existentes en la BD.

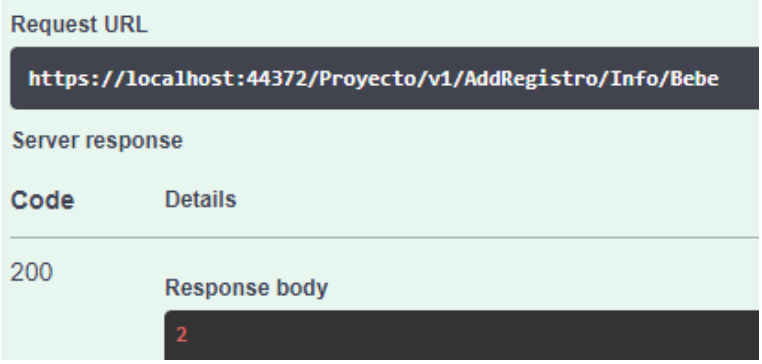


Figura 31. Servicio WEB respuesta InfoBebe

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, es el id del registro del bebe o feto que devuelve la BD.

5. Servicio que realiza la predicción del bajo peso al nacer con la inteligencia artificial basada en el modelo FastTreeRegressionTrainer

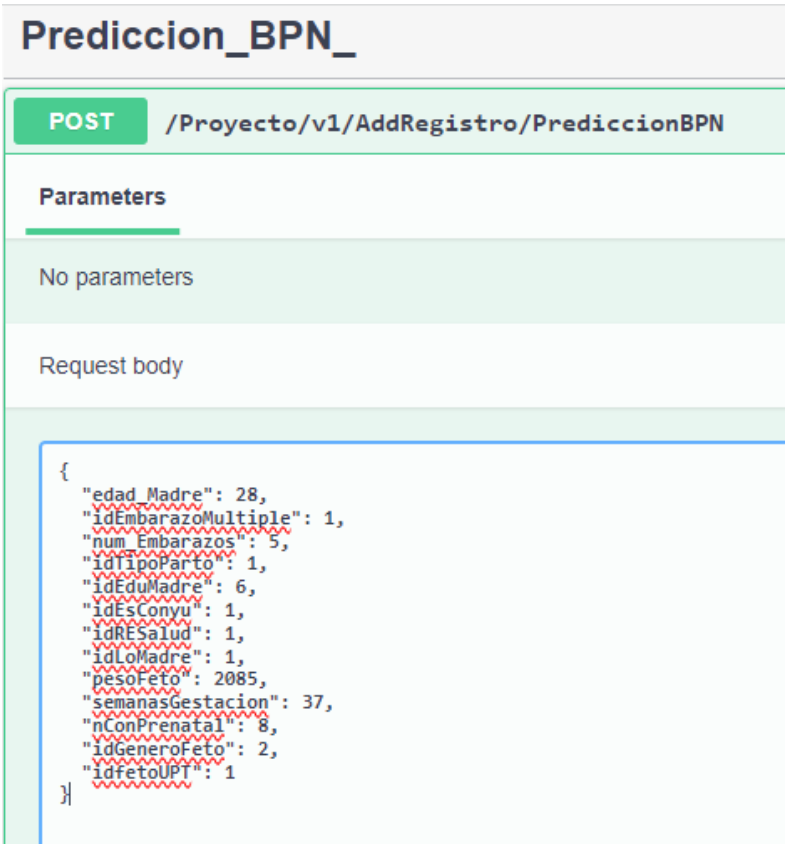


Figura 32. Servicio WEB Predicción

Nota. Elaboración propia.

Se ingreso datos de entrada ya existentes en la BD.

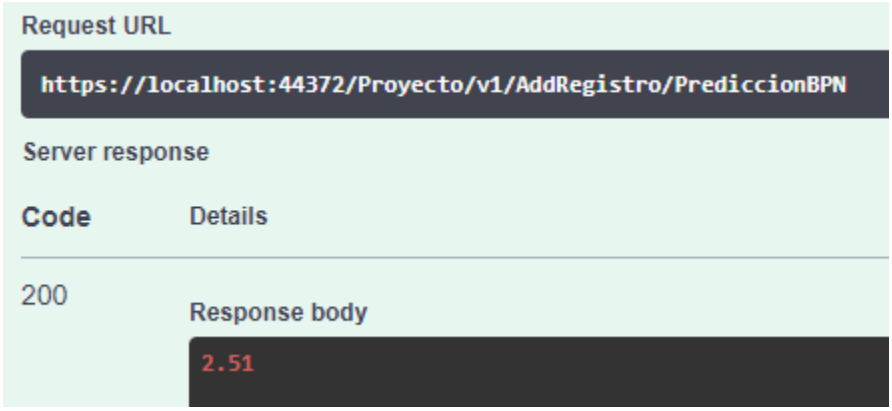


Figura 33. Servicio WEB respuesta Predicción

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, genera el percentil donde se encuentra el feto o bebe

6. Servicios de localidades



Figura 34. Servicio WEB InfoLocalidades

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, genera las localidades existentes en la BD.

7. Servicios de estado conyugal

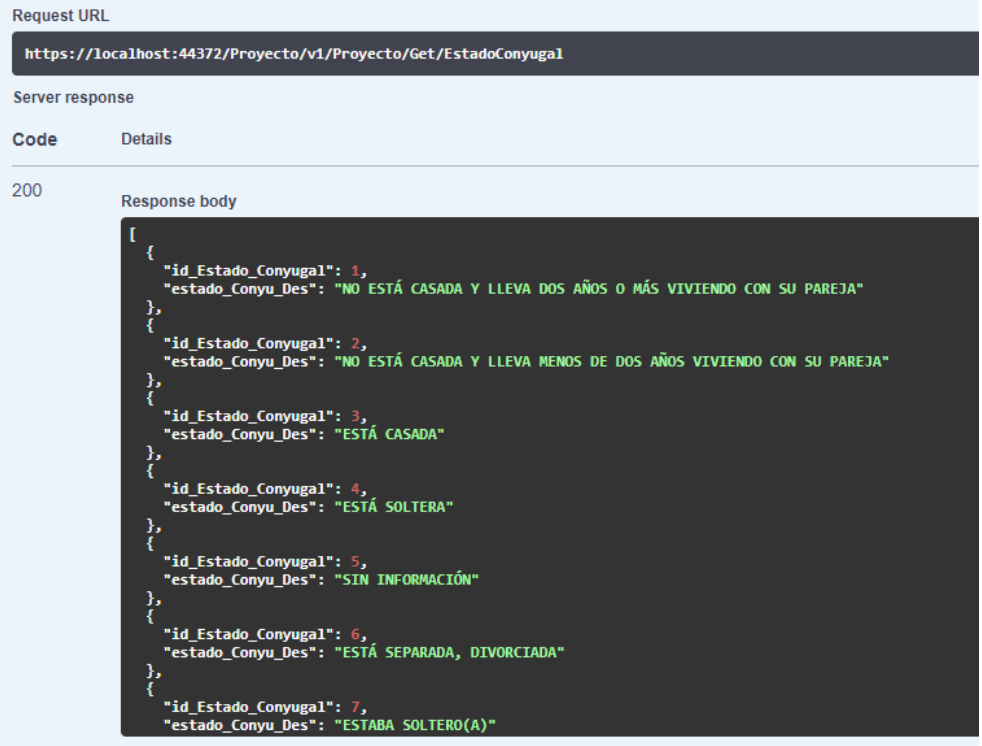


Figura 35. Servicio WEB EstadoConyugal

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, genera los estados conyugales existentes en la BD.

8. Servicio Género



Figura 36. Servicio WEB Genero

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, tipos de géneros existentes en la BD.

9. Servicio de embarazo múltiple



Figura 37. Servicio WEB EmbMultiple

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, tipos de embarazo existentes en la BD.

10. Servicios de nivel educativo

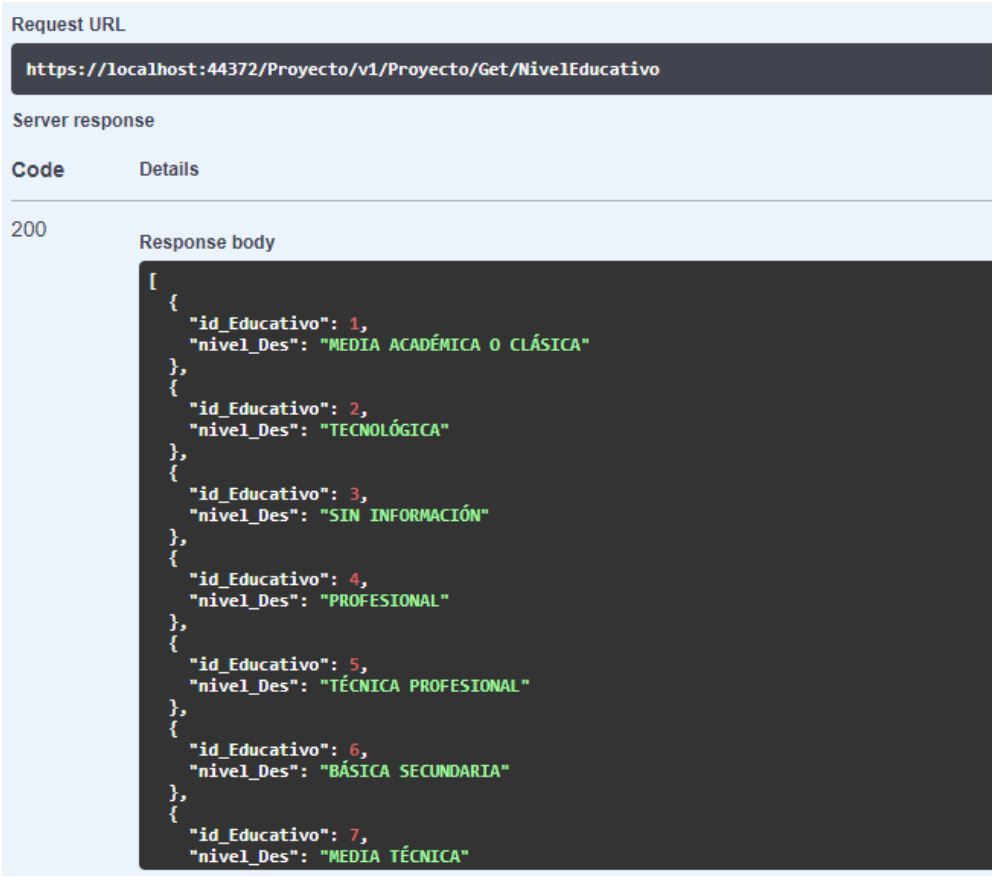


Figura 38. Servicio WEB NivelEducativo

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, tipos de nivel educativo existentes en la BD.

11. Servicios de régimen de salud

Request URL

```
https://localhost:44372/Proyecto/v1/Proyecto/Get/RegimenSalud
```

Server response

Code	Details
200	Response body


```
[
  {
    "id_Regimen_Salud": 1,
    "regimen_Des": "CONTRIBUTIVO"
  },
  {
    "id_Regimen_Salud": 2,
    "regimen_Des": "SUBSIDIADO"
  },
  {
    "id_Regimen_Salud": 3,
    "regimen_Des": "NO ASEGURADO"
  },
  {
    "id_Regimen_Salud": 4,
    "regimen_Des": "EXCEPCIÓN"
  },
  {
    "id_Regimen_Salud": 5,
    "regimen_Des": "ESPECIAL"
  }
]
```


Figura 39. Servicio WEB RegimenSalud

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, tipos de régimen de salud existentes en la BD.

12. Servicios de tipo de parto

Request URL

```
https://localhost:44372/Proyecto/v1/Proyecto/Get/TipoParto
```

Server response

Code	Details
200	Response body


```
[
  {
    "id_Parto": 1,
    "parto_Des": "ESPONTÁNEO"
  },
  {
    "id_Parto": 2,
    "parto_Des": "INSTRUMENTADO"
  },
  {
    "id_Parto": 3,
    "parto_Des": "CESÁREA"
  }
]
```


Figura 40. Servicio WEB TipoParto

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia respuesta del servicio, tipos de parto existentes en la BD.

Se realizaron pruebas manuaeles al aplicativo web, para validar su eficacia.



Figura 41. Interfaz principal

Nota. Elaboración propia.

Se evidenia interfaz pricipal.

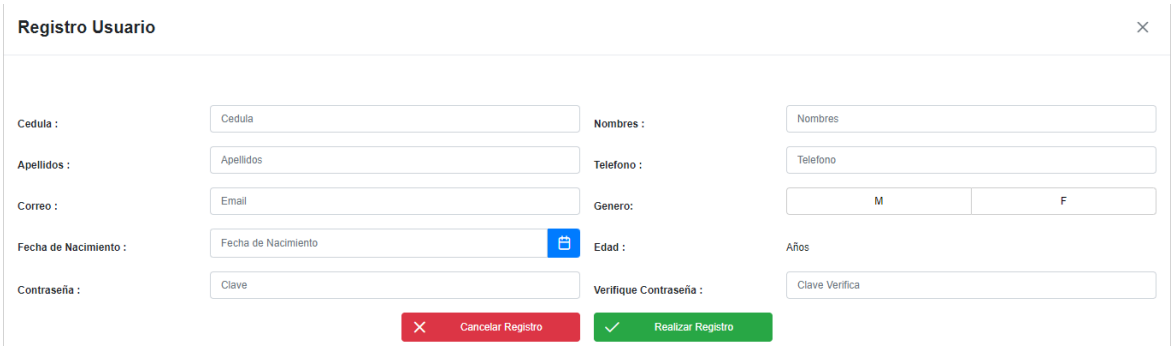


Figura 42. Registro de usuario

Nota. Elaboración propia.

Interfaz registro de usuario.

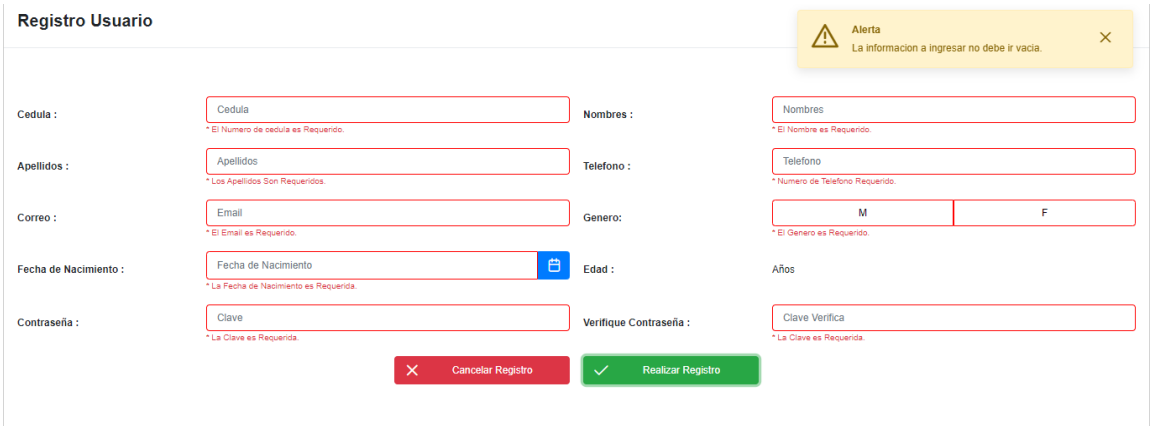


Figura 43. Mensaje de alerta registro de usuario

Nota. Elaboración propia.

Mensaje de alerta cuando no se han ingresado los campos

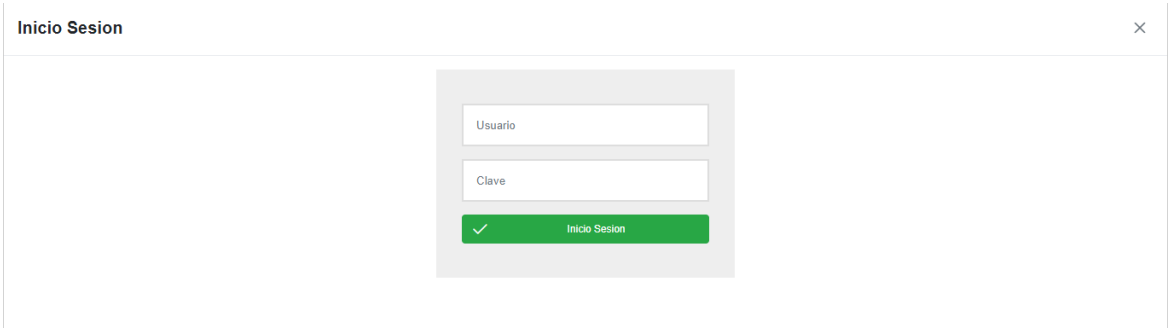


Figura 44. Inicio Sesión

Nota. Elaboración propia.

Interfaz Inicio Sesión

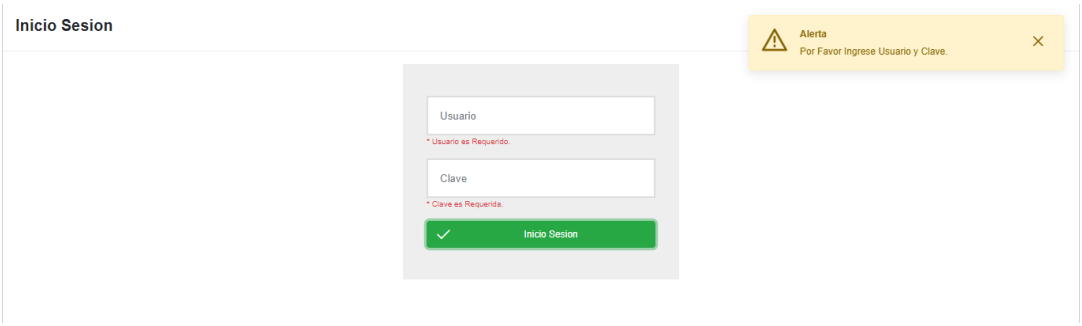


Figura 45. Mensaje de alerta inicio de sesión

Nota. Elaboración propia.

Interfaz Inicio Sesión



Figura 46. Mensaje alerta usuario no existe BD

Nota. Elaboración propia.

Mensaje de alerta cuando el usuario no se encuentra registrado

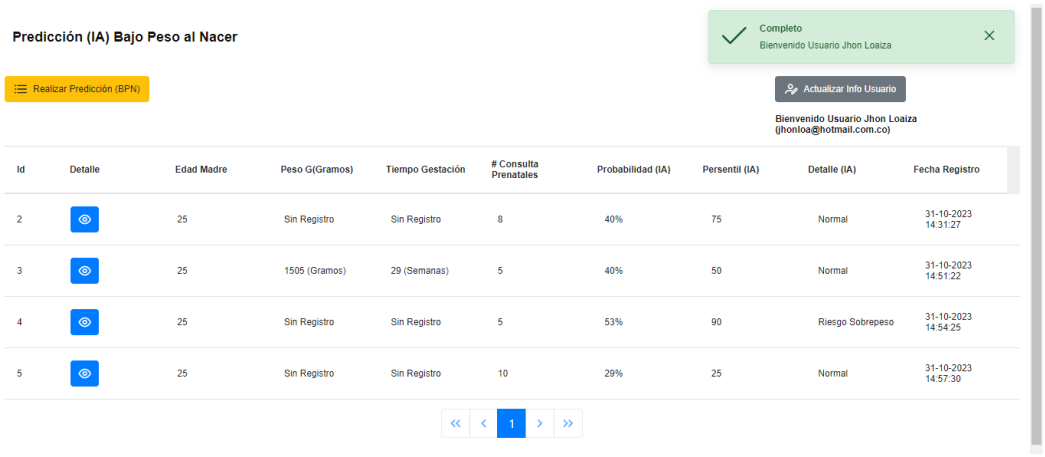


Figura 47. Registro de predicciones realizados

Nota. Elaboración propia.

Interfaz despues de que el usuario inicia sesion, visualiza los registros de predicciones realizados

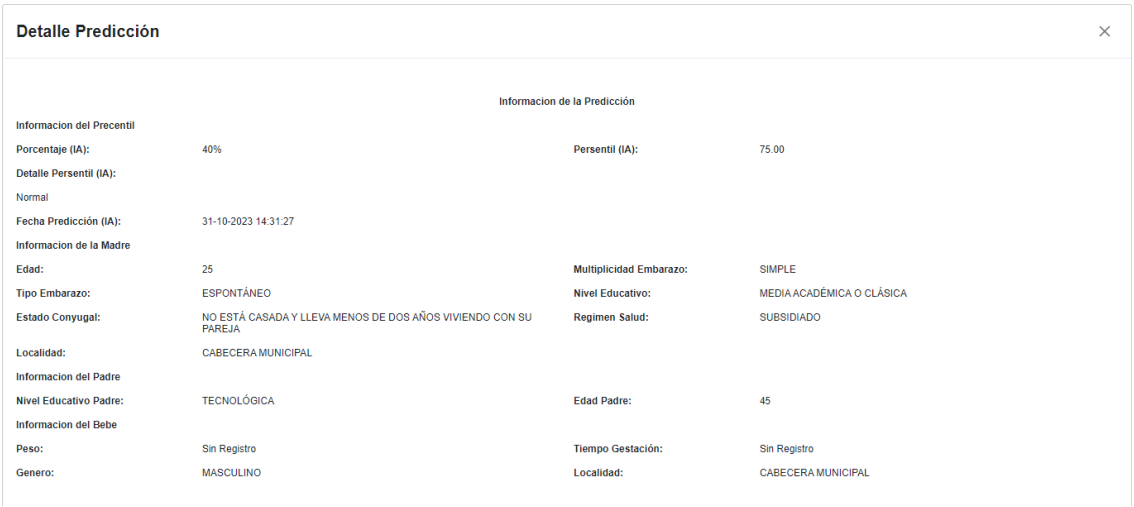


Figura 48. Detalle de predicción

Nota. Elaboración propia.

Interfaz de detalle de la predicción

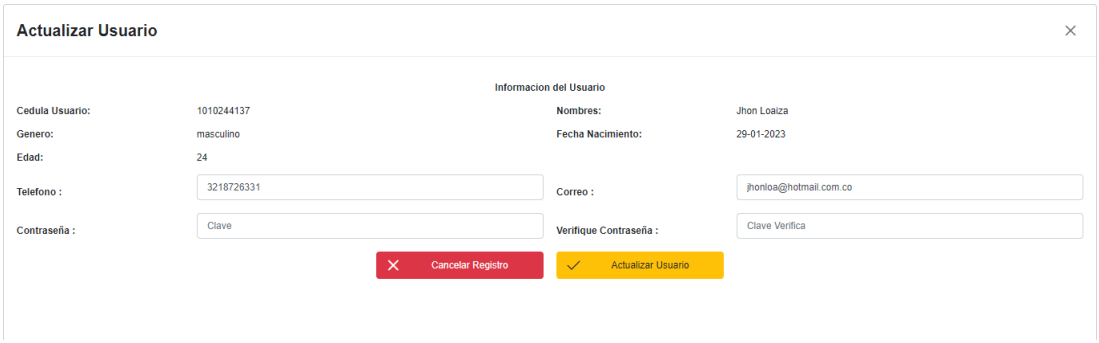


Figura 49. Actualización datos personales

Nota. Elaboración propia.

Interfaz de actualización de datos personales del usuario

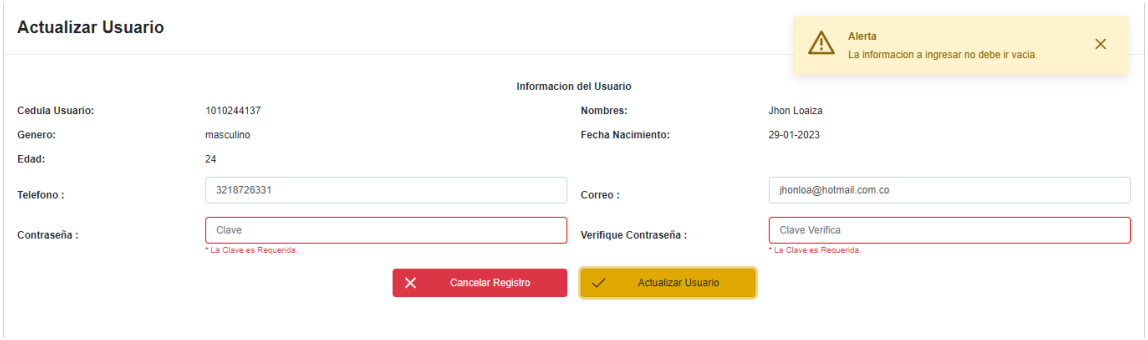


Figura 50. Mensaje de alerta actualización datos

Nota. Elaboración propia.

Mensaje de alerta cuando el usuario no ingresa clave de seguridad para actualizar datos.

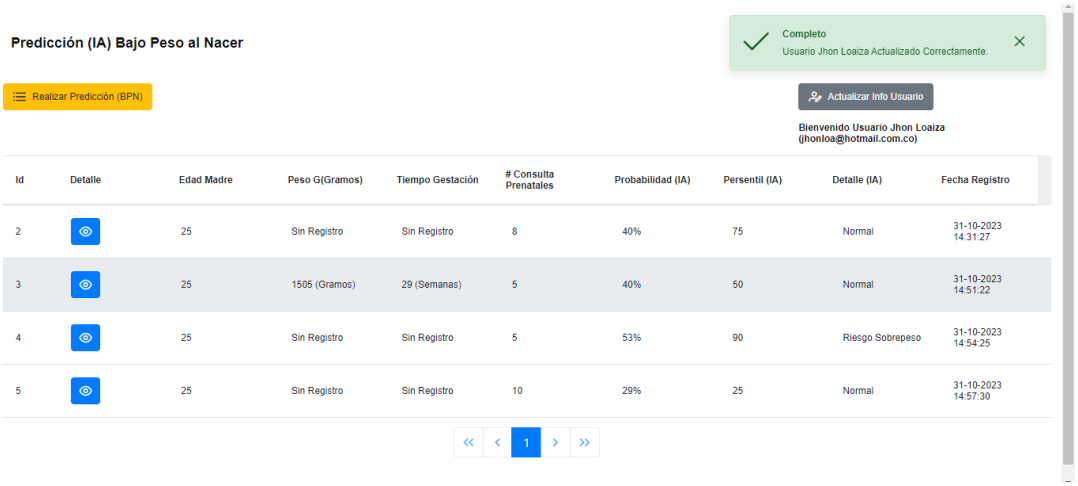


Figura 51. Mensaje de alerta actualización de datos

Nota. Elaboración propia.

Mensaje de alerta cuando el usuario actualiza sus datos.

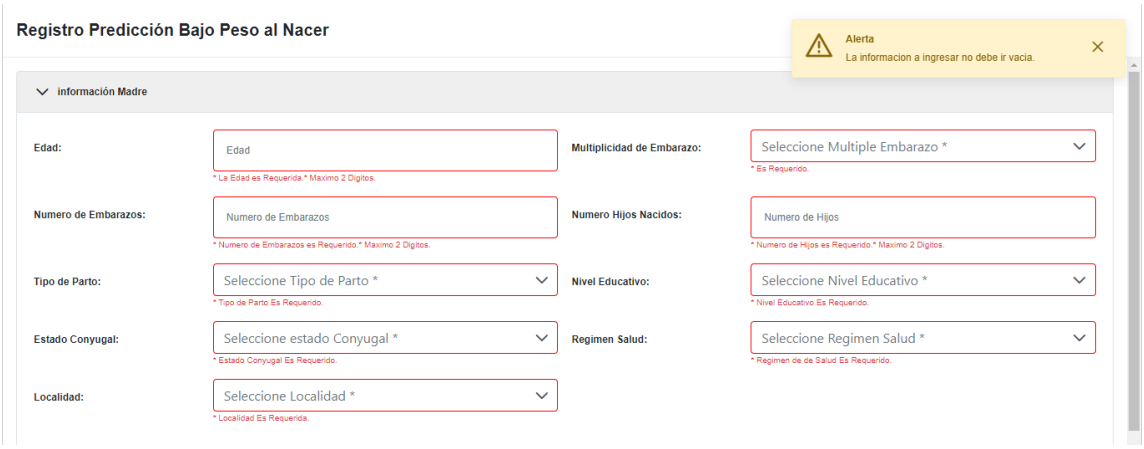


Figura 52.Campos obligatorios registro de predicción

Nota. Elaboración propia.

Mensaje de alerta cuando el usuario no ingresa los campos obligatori para el registro de predicción.

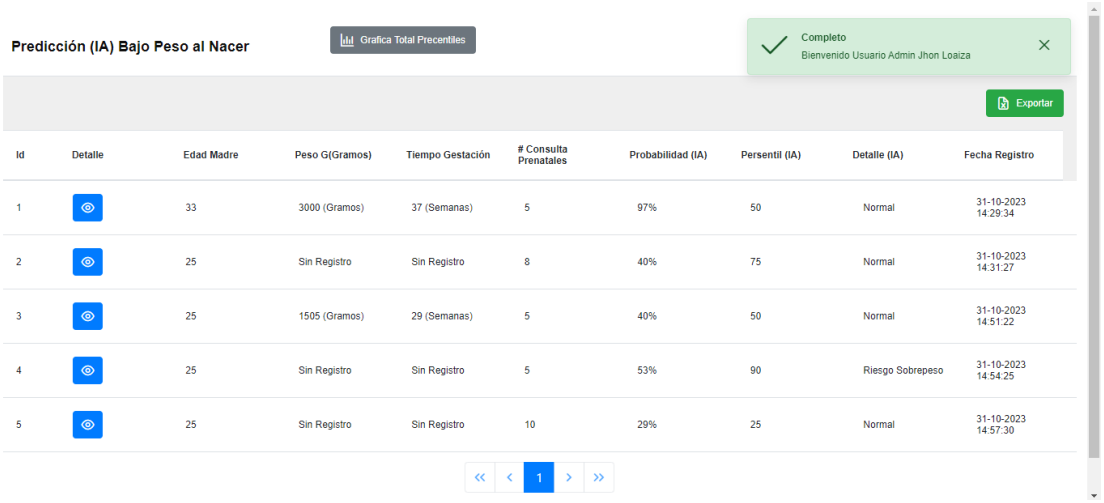


Figura 53. Interfaz usuario administrativo

Nota. Elaboración propia.

Interfaz de usuario administrativo.

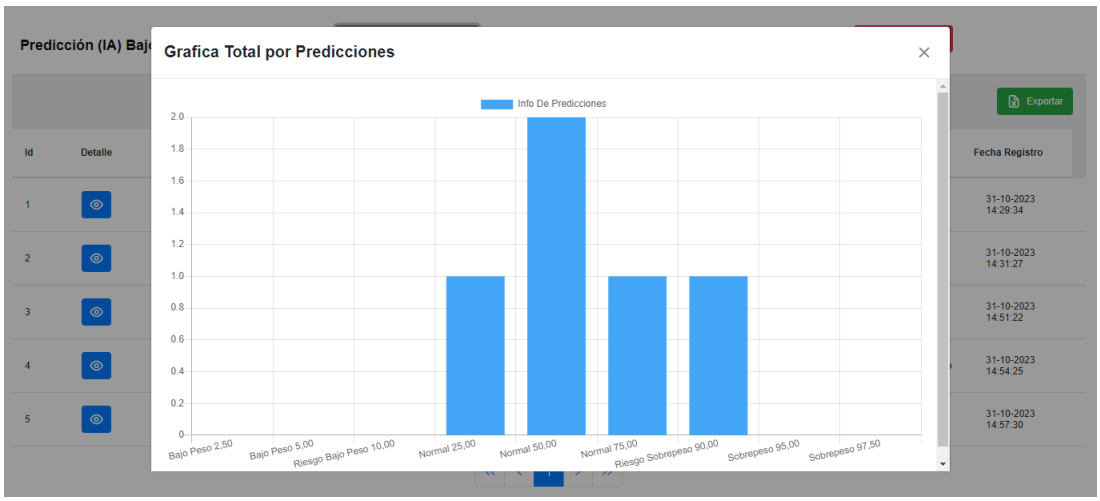
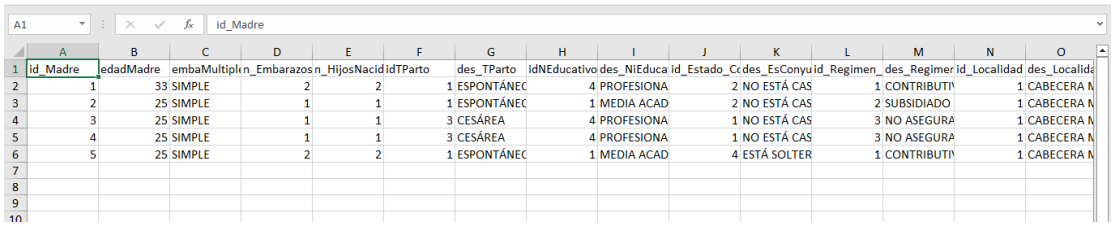


Figura 54. Grafica persentil registrados.

Nota. Elaboración propia.

Visual de grafica por usuario administrativo, donde se evidencia persentiles registrados.



id_Madre	edadMadre	embaMultipl	n_Embarazos	n_HijosNacid	idTParto	des_TParto	idNEducativo	des_NIEduca	id_Estado_C	des_EsConyu	id_Regimen_	des_Regimer	id_Localidad	des_Localida
1	33	SIMPLE	2	2	1	ESPONTÁNEO	4	PROFESIONA	2	NO ESTÁ CAS	1	CONTRIBUTI	1	CABECERA N
2	25	SIMPLE	1	1	1	ESPONTÁNEO	1	MEDIA ACAD	2	NO ESTÁ CAS	2	SUBSIDIADO	1	CABECERA N
3	25	SIMPLE	1	1	3	CESÁREA	4	PROFESIONA	1	NO ESTÁ CAS	3	NO ASEGURA	1	CABECERA N
4	25	SIMPLE	1	1	3	CESÁREA	4	PROFESIONA	1	NO ESTÁ CAS	3	NO ASEGURA	1	CABECERA N
5	25	SIMPLE	2	2	1	ESPONTÁNEO	1	MEDIA ACAD	4	ESTÁ SOLTER	1	CONTRIBUTI	1	CABECERA N

Figura 55.Excel de informe usuario admnistrador

Nota. Elaboración propia.

El usuario administrativo pordra descargar un informe sobre el total de registros.

Resultados

A lo largo del desarrollo de este proyecto de tesis, se llevó a cabo un proceso de identificación que puso de manifiesto el problema de (BPN), considerado un grave dificultad de salud que tiene importantes implicaciones tanto para la salud del bebé como para su desarrollo a largo plazo. A través de investigaciones, se logró identificar una serie de variables significativas que inciden en esta condición, tales como la edad materna, complicaciones gestacionales, nivel socioeconómico y acceso a la atención prenatal (véase Anexo, Identificación). Asimismo, se recopiló y procesó un dataset mediante un proceso de Extracción, Transformación y Carga (ETL), permitiendo obtener diversas características de la madre.

Para obtener una perspectiva equilibrada, se llevaron a cabo encuestas tanto a mujeres como a hombres, esto demuestra la necesidad de una herramienta intuitiva para predecir el bajo peso al nacer (véase Anexo, Levantamiento de Información). A partir de estas evaluaciones, se establecieron los requisitos funcionales necesarios.

Para el desarrollo del aplicativo, se basó el conjunto de datos previamente mencionado y obtenido. Utilizando Visual Studio RC. Se llevó a cabo una investigación e instalación de paquetes NuGet de Machine Learning (ML), con los cuales se inició el proceso de codificación del modelo de predicción para el bajo peso al nacer. Después de evaluar un conjunto de cinco modelos, se seleccionó el modelo FastTreeRegression, el cual demostró una notable efectividad del 9.841% (véase Anexo, Diseño y Desarrollo).

Se llevaron a cabo pruebas de servicios y del aplicativo web (véase Anexo, Evaluación) con el fin de garantizar su funcionamiento óptimo y sin fallos. Estas pruebas posibilitaron la identificación y corrección de posibles fallos, asegurando así la eficacia del aplicativo, además de verificar que el sistema cumpliera con los requisitos establecidos.

Discusión

Los resultados obtenidos en este proyecto representan un avance en la predicción del (BPN), lo que brinda a las madres la oportunidad de recibir alertas tempranas y tomar medidas adecuadas. Este aspecto cobra una relevancia crucial, dado que el bajo peso al nacer puede tener repercusiones en salud tanto a corto y a largo plazo en la salud y desarrollo del bebé. Es importante destacar que este fenómeno no solo está asociado a condiciones médicas de la madre, sino que también está influenciado por factores socioeconómicos y otros determinantes.

A través de las investigaciones realizadas, se ha logrado desarrollar una técnica basada en inteligencia artificial. Esta herramienta utiliza diversos datos proporcionados por la madre, como su edad, número de embarazos, tipo de parto previsto, nivel educativo, estado de salud, ubicación geográfica, estado conyugal, cantidad de hijos, así como el peso y la semana de gestación, entre otros. Cabe destacar que, en el caso de disponer de ecografías, el médico puede proporcionar el peso estimado del bebé en ese momento, lo cual incrementa la precisión de la predicción. Sin embargo, si la madre no cuenta con esta información, el sistema evaluará los demás datos ingresados y generará un percentil, indicando si en ese momento existe un riesgo de bajo peso al nacer.

Referencias

Alcaldia Mayor de Bogotá. (24 de 04 de 2021). *POLÍTICA Y GERENCIA ESTRATÉGICA OBSERVATORIO DE SALUD DE BOGOTÁ SISTEMA DE GESTIÓN CONTROL DOCUMENTAL*. Obtenido de FICHA TÉCNICA DEL INDICADOR Proporción del bajo peso al nacer en Bogotá D.C.: https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/fichas_tecnicas_osb/seg-alimentaria/OSB_Seguridad_Alimentaria_BajoPeso.pdf

Arevalo Rodriguez, W. F., Jimenez Prieto, I. N., & González Veloza, J. F. (01 de 03 de 2023). *repository libertadores*. Obtenido de Modelos de machine learning para la predicción del estado de salud prenatal y la prevención mediante cardiotocogramas.: https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/5750/Arevalo_Jimenez_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Article Reuse Guidelines. (01 de 01 de 2021). *Sage Journals*. Obtenido de Perinatal health predictors using artificial intelligence: A review: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/17455065211046132

Azaryah, H. (02 de 12 de 2020). *Digibug*. Obtenido de Análisis de los efectos a largo plazo de la nutrición precoz sobre el neurodesarrollo en los niños mediante técnicas de minería de datos: base de datos NUTRIMENTHE: https://digibug.ugr.es/handle/10481/65323

Clinical and Ultrasound Estimation of fetal weight in term pregnancies. (02 de 12 de 2021). *ELSEVIER*. Obtenido de Estimación clínica y ultrasonográfica del peso fetal en embarazos a términos: https://www.bebesymas.com/embarazo/formula-para-calcular-peso-bebe-embarazo

Consultor Salud SAS. (30 de 01 de 2023). *consultorsalud*. Obtenido de IA podría predecir la enfermedad ósea en bebés: https://consultorsalud.com/ai-enfermedad-osea-metabolica/#:~:text=Una%20investigaci%C3%B3n%20publicada%20en%20JAMA,beb%C3%A9s%20en%20riesgo%20de%20desarrollarla.

Datos Abiertos GOV.CO. (10 de 08 de 2023). *GOV.CO Datos Abiertos*. Obtenido de Nacidos Vivos en Hospital Manuel Uribe Angel: https://www.datos.gov.co/Estad-sticas-Nacionales/Nacidos-Vivos-en-Hospital-Manuel-Uribe-Angel/udqu-ifxr

Escera Micó, C. (03 de 03 de 2023). *SJD Sant Joan de Deu Institut Recerca*. Obtenido de Herramienta predictiva del grado de neurodesarrollo en bebés nacidos con bajo peso mediante inteligencia artificial: https://www.irsjd.org/es/actualidad/noticias/918/herramienta-predictiva-del-grado-de-neurodesarrollo-en-bebes-nacidos-con-bajo-peso-mediante-inteligencia-artificial

González Andrade, F., & Velastegui Ayala, E. (31 de 08 de 2023). *REVISTA ECUATORIANA DE PEDIATRÍA*. Obtenido de Alta concordancia en la evaluación clínica versus ultrasonido para estimar el peso fetal cuando se compara con el peso al nacer en recién nacidos a término.: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/08/1284499/a12-alta-concordacia-en-peso-al-nacer-ao.pdf

Jeong Do, H., Min Moon, K., & Seung Jin, H. (03 de 03 de 2022). *MDPI*. Obtenido de Machine Learning Models for Predicting Mortality in 7472 Very Low Birth Weight Infants Using Data from a Nationwide Neonatal Network: https://www.mdpi.com/2075-4418/12/3/625

La Universidad de Barcelona. (07 de 02 de 2023). *Bosch i Gimpera*. Obtenido de Herramienta predictiva del grado de neurodesarrollo en bebés nacidos con bajo peso mediante inteligencia artificial: http://www.fbg.ub.edu/es/actualidad/herramienta-predictiva-del-grado-de-neurodesarrollo-en-bebes-nacidos-con-bajo-peso-mediante-inteligencia-artificial/

MARCH OF DIMES MD. (10 de 06 de 2021). *Nacersano*. Obtenido de Nacimiento prematuro: https://nacersano.marchofdimes.org/complicaciones/bajo-peso-al-nacer.aspx

Matrona del Hospital Clínico San Carlos (Madrid). (12 de 03 de 2020). *NATALBEN*. Obtenido de El percentil del feto: ¿cuál es el normal para su edad gestacional?: https://www.natalben.com/percentiles-feto-cual-normal

Medina Carrillo, L., Romero Garibay, A. J., Paredes Estrada, C., & González Angulo, I. J. (16 de 01 de 2017). *Medigraphic*. Obtenido de Factores de riesgo para bajo peso al nacer: estudio de casos y controles: https://www.medigraphic.com/pdfs/waxapa/wax-2017/wax1716d.pdf

Microsoft Ignite. (02 de 03 de 2022). *Microsoft* . Obtenido de FastTreeRegressionTrainer Class: https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/api/microsoft.ml.trainers.fasttree.fasttreeregressiontrainer?view=ml-dotnet

Ministerio de Salud Argentina. (15 de 03 de 2023). *Bancos de Salud Gob*. Obtenido de Guía de práctica clínica para el Seguimiento de niñas y niños con antecedente de prematurez al nacer: https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2023-04/GPC_Seguimiento_NyN_con_antec_de_Prematurez_1942023.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (01 de 12 de 2022). *Análisis de Situación de Salud Colombia 2022*. Obtenido de MIN Salud: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-colombia-2022.pdf

Observatorio de Salud de Bogotá. (02 de 04 de 2022). *Proporción Bajo Peso al nacer Total y A Término en Bogotá Región (BR)*. Obtenido de SaluData - Observatorio de Salud de Bogotá: https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/bogota-region/proporcion-bajo-peso-al-nacer_bogota_region/#:~:text=En%20la%20Bogot%C3%A1%20Regi%C3%B3n%20el,%2C2%25%20en%20el%202022.

Organización Mundial de la Salud. (30 de 12 de 2014). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Metas mundiales de nutrición 2025: documento normativo sobre bajo peso al nacer: https://www.who.int/es/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-14.5

Pan American Health Organization (PAHO). (17 de 08 de 2018). *Pan American Health Organization*. Obtenido de Bajo peso al nacer y mortalidad perinatal en maternidades de América Latina: https://iris.paho.org/handle/10665.2/49329?show=full

Portuese Martínez, V., & Sánchez Vargas, A. C. (01 de 08 de 2023). *Repositorio Universidad del bosque*. Obtenido de DESARROLLO DE UN MODELO DE PREDICCIÓN DE CRECIMIENTO: https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/11266/Desarrollo%20de%20un%20modelo%20de%20predicci%C3%B3n%20de%20crecimiento%20craneofacial%20en%20pacientes%20con%20labio%20y%20paladar%20hendido%20asistido%20por%20inteligencia%20artific

Redacción APD. (05 de 09 de 2023). *APD*. Obtenido de Las ramas de la inteligencia artificial y sus diferentes aplicaciones: https://www.apd.es/tecnicas-de-la-inteligencia-artificial-cuales-son-y-para-que-se-utilizan/

Salud Digital Fundacion Slim. (31 de 12 de 2021). *Salud Digital*. Obtenido de Inteligencia Artificial podría predecir enfermedades óseas en bebés: https://saluddigital.com/es/noticias/inteligencia-artificial-podria-predecir-enfermedades-oseas-en-bebes/

Suárez Orama, M., Pupo Pérez, Y., Ochoa Suárez, Y., & Urquiza Yero, Y. (15 de 11 de 2019). *Revista Electronica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta*. Obtenido de Factores maternos y bajo peso al nacer en el policlínico "Guillermo Tejas", LasTunas: https://revzoilomarinello.sld.cu/index.php/zmv/article/view/1964/pdf_633

Torres Garzón, D., Moreno Espinosa, J., & Muñoz Rodriguez, E. E. (1 de 12 de 2020). *Universidad Sergio Arboleda*. Obtenido de USO DE LA CIENCIA DE DATOS Y HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS: https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1718/Inteligencia%20artificial%20en%20salud.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TORRES RICAURTE, C. A. (03 de 02 de 2017). *Universidad Externado*. Obtenido de BAJO PESO AL NACER Y MORTALIDAD INFANTIL EN SANTIAGO DE CALI, 2011: https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/dfde23c8-6ef9-4916-b3e3-09a44bf9b2d3/content

Velázquez Quintana, N. I., Masud Yunes Zárraga, J. L., & Ávila Reyes, R. (30 de 10 de 2003). *SCILEGO*. Obtenido de Recién nacidos con bajo peso; causas, problemas y perspectivas a futuro: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-11462004000100010#:~:text=Los%20ni%C3%B1os%20con%20BPN%20presentan,que%20produjeron%20el%20bajo%20peso.