

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**Sistema inteligente de apoyo al diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas en zonas rurales de Santa Cruz, Cajamarca**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**AUTOR**

**Eliana Lizeth Barturen Trujillano**

**ASESOR**

**Guadalupe Teresa Lip Curo**

<https://orcid.org/0000-0002-0353-939X>

**Chiclayo, 2026**

**Sistema inteligente de apoyo al diagnóstico de preeclampsia en  
mujeres embarazadas en zonas rurales de Santa Cruz, Cajamarca**

PRESENTADA POR

**Eliana Lizeth Barturen Trujillano**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR

Consuelo Ivonne Castillo Castro

PRESIDENTE

Roger Ernesto Alarcón García

SECRETARIO

Guadalupe Teresa Lip Curo

VOCAL

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mi familia por su apoyo desde el inicio de mi etapa universitaria, asimismo, va dedicada a mi persona por todo aquello que hice para llegar a este punto

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres Linor y Vilma, porque con su esfuerzo y su trabajo han hecho de mí una mujer grata, responsable y con ansias de lograr todas mis metas que de niña me he propuesto; a mi hermana Kathia, por ser mi inspiración a ser una mujer con logros y reconocimientos; a mis hermanas menores Daniela y Paola; por motivarme a esforzarme y ser un ejemplo para ellas. Agradezco a mi asesora, la ingeniera Guadalupe Lip, por compartirme sus conocimientos para el desarrollo de mi tesis. Asimismo, al programa beca 18, porque pude estudiar en esta universidad lográndome ahora como profesional. Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera me han acompañado en esta aventura universitaria.

# Sistema inteligente de apoyo al diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas en zonas rurales de Santa Cruz, Cajamarca

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://investigacionmaternoperinatal.inmp.gob.pe">investigacionmaternoperinatal.inmp.gob.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://purl.org">purl.org</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://www.gob.pe">www.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.ontariomidwives.ca">www.ontariomidwives.ca</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to National University College - Online Trabajo del estudiante	<1%

## Índice

Resumen .....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Revisión de literatura .....	10
Materiales y métodos .....	15
Resultados y discusión .....	20
Conclusiones .....	28
Recomendaciones.....	29
Referencias.....	30
Anexos.....	33

## Resumen

En el presente trabajo se evidencia el desarrollo de un sistema inteligente de apoyo al diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas que residen en zonas rurales en un centro de salud en Santa Cruz. Para ello, se realizaron encuestas dirigidas a especialistas y gestantes para conocer cómo tradicionalmente se detecta la preeclampsia y cómo la asistencia a los controles prenatales se vinculan a esta. Por otro lado, para cumplir con los objetivos se siguió la metodología del ciclo de vida de Machine Learning la cual permitió el análisis de algoritmos que se relacionen con el proyecto; tomando en cuenta características como, algoritmos de clasificación con tipo de aprendizaje supervisado; del mismo modo, la metodología del Ciclo de vida Modelo Mobile Sprint (MMS) que permitió la integración del modelo en una aplicación móvil y la implementación de la interfaz de usuario.

Posteriormente, se validó el modelo seleccionado para la predicción de preeclampsia, para ello, el algoritmo seleccionado fue Random Forest con un porcentaje de precisión del 85%. Finalmente, una gestante y una obstetra utilizaron el sistema inteligente, para así poder evaluar su usabilidad y calidad del producto, esto mediante una encuesta basado en la ISO25010. Por tal motivo, la implementación de este sistema inteligente ha permitido el diagnóstico temprano de preeclampsia en gestantes que residen en zonas rurales, debido a que estas tienden a tener limitaciones de acceso a controles prenatales tradicionales, haciendo que la detección de enfermedades no se detecte a tiempo.

**Palabras clave:** Preeclampsia, Machine Learning, gestantes, zonas rurales, sistema inteligente

## Abstract

This paper demonstrates the development of an intelligent system to support the diagnosis of preeclampsia in pregnant women living in rural areas at a health center in Santa Cruz. To do this, surveys were conducted for specialists and pregnant women to find out how preeclampsia is traditionally detected and how attendance at prenatal check-ups is linked to it. On the other hand, to meet the objectives, the Machine Learning life cycle methodology was followed, which allowed the analysis of algorithms that are related to the project; taking into account characteristics such as classification algorithms with a supervised learning type; likewise, the Mobile Sprint Model Life Cycle (MMS) methodology that allowed the integration of the model in a mobile application and the implementation of the user interface. Subsequently, the selected model was validated for the prediction of preeclampsia; for this, the selected algorithm was Random Forest with an accuracy percentage of 85%. Finally, a pregnant woman and an obstetrician used the smart system to evaluate its usability and product quality, through a survey based on ISO25010. For this reason, the implementation of this smart system has allowed the early diagnosis of preeclampsia in pregnant women living in rural areas, since these tend to have limited access to traditional prenatal check-ups, causing the detection of diseases not to be detected in time.

**Keywords:** Preeclampsia, Machine Learning, pregnant women, rural areas, intelligent system

## Introducción

El control prenatal (CPN), es el seguimiento al proceso médico que se realiza durante el periodo de gestación, el cual tiene como finalidad garantizar un embarazo saludable y evitar complicaciones [1], como, por ejemplo, los trastornos hipertensivos en el embarazo (HDP). Estos hacen referencia a las alteraciones fisiopatológicas, las cuales generan aumento de presión arterial, que conllevan a la madre y al feto a exponer su salud [2]. Según la OMS, los HDP como la hipertensión gestacional, preeclampsia, eclampsia y la hipertensión crónica; son causantes de la morbilidad grave, discapacidad a largo plazo y muerte gestacional, y representan el 14% de todas las muertes maternas a nivel mundial [3]. Por otro lado, según estadísticas del Instituto Nacional del Corazón, los Pulmones y la Sangre (NHLBI) [4], entre el 6% y el 8%, las mujeres en estado de gestación en Estados Unidos (EE. UU) tienen presión arterial alta y un 70% sucede en aquellas mujeres embarazadas por primera vez. Por otro lado, la preeclampsia afecta entre el 3% y el 5% los embarazos en EE. UU. y entre el 5% y 10% a nivel mundial. Asimismo, para el año 2017, los HDP aumentó un 13% y un 16% 2019, afectando por lo menos a 1 de cada 7 hospitalizaciones para el parto causando complicaciones como ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares y muertes maternas [5]. Se considera que las mujeres con enfermedades autoinmunes como diabetes, hipertensión en el embarazo, tienen un alto riesgo de desarrollar preeclampsia [6]. En América Latina la morbilidad materna estima una cifra de 7300 muertes, en donde la hipertensión inducida tiene un índice de 22,1% [7]. Mientras tanto en Perú, en el año 2022, el Ministerio de Salud (Minsa) a través del Instituto Materno Perinatal (INMP), registró un 13% de prevalencia hipertensiva en el embarazo, donde 4,79% presentó preeclampsia severa. Según la ginecobstetra del INMP, Rommy Novoa Reyes, la preeclampsia se presenta con la presión arterial elevada, dolor de cabeza, visión borrosa, zumbido en los oídos, dolor en la zona debajo del tórax, hinchazón en los miembros inferiores, en el cuerpo, entre otros síntomas. [8]. Asimismo, en la región Cajamarca, los HDP constituyen la primera causa de muerte materna, ubicándose en el sexto lugar a nivel nacional por muertes maternas debido a estos trastornos, representando el 45,83% en el 2019 [9]. Por otro lado, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomienda que los embarazos de bajo riesgo deben realizarse al menos cuatro CPN dándose en el primer trimestre, sin embargo, la misma estima que solo el 46% de las mujeres que viven en zonas rurales asisten a estos, mientras que las gestantes que viven en zonas urbanas asisten un 74%. La preeclampsia es una patología hipertensiva y representa

una gran proporción de muertes en Perú durante los últimos años. De acuerdo con los reportes emitidos por el Ministerio de Salud, en el 2018 la principal causa de muerte fueron los trastornos hipertensivos, siendo Lima Metropolitana el departamento con mayor frecuencia de muertes [10]. Por otro lado, se ha señalado que, en Perú la prestación de servicios de salud a grupos poblacionales, tienen menores probabilidades de acceder a servicios de atención prenatal, en comparación de las zonas urbanas [11]. Para el año 2019, el acceso a las seis visitas mínimas prenatales establecidas por la Norma técnica de salud para la atención integral de la salud materna existió una diferencia entre la zona urbana con un 88,16% de asistencia a este servicio prenatal, mientras que la zona rural tuvo un índice de 84,92% [12]. La problemática de esta investigación consiste en el apoyo en el diagnóstico de trastornos hipertensivos en mujeres de la provincia de Santa Cruz-Cajamarca, teniendo como población a investigar a aquellas mujeres que residen en zonas rurales, asimismo, conocer sus limitaciones de acceso a sus CPN. Uno de los factores para adquirir preeclampsia, puede considerarse el no acceso a un CPN de la madre gestante, que por lo general es donde se detecta alguna patología en el embarazo, además; algunos factores sociodemográficos, obstétricos e institucionales como; el nivel educativo, la estabilidad económica, el lugar de residencia, afiliación a seguro privado de salud, edad de la madre, peso, la atención insuficiente recibida por el especialista, obesidad, tabaquismo, diabetes antes del embarazo, embarazo gemelar, antecedentes de algún HDP, entre otros [13] [14] [15]. Por otro lado, las causas que originan el problema pueden relacionarse con la inexistencia de centros de salud en las zonas rurales, lo cual implica que las gestantes que viven en estas zonas tengan que trasladarse hacia un centro de salud cercano; esto implica gastos adicionales; generando preocupación, estrés u otro malestar que afectan al embarazo. Del mismo modo, llevar un embarazo sin compañía marital o familiar, limita a algunas el querer trasladarse solas. Asimismo, sin dejar de lado los factores genéticos, como la asociación de enfermedades de hipertensión arterial, que constituyen la categoría más grande que lo causa [16]. Como consecuencia, se considera a la pérdida del bebé, que es la complicación más común del embarazo y se da entre el 15 – 20% aproximadamente en embarazos clínicamente reconocidos. Por otro lado, el aborto espontáneo está más relacionado con un mayor riesgo de diabetes gestacional al final del embarazo [17]. Por tal motivo, hacer un control necesario, para diagnosticar preeclampsia es importante para reducir complicaciones perjudiciales. Finalmente, para poder contrarrestar la problemática se implementó un sistema inteligente para el apoyo en el diagnóstico de preeclampsia,

haciendo uso además de dispositivos wearable ayudando a las gestantes a registrar sus signos vitales, principalmente la presión arterial y frecuencia cardíaca; para poder tener una monitorización regular, realizada por ella misma y desde casa. Sin embargo, se recomienda asistir regularmente a las visitas prenatales tradicionales, ya que este sistema inteligente funciona como apoyo en el diagnóstico de preeclampsia, más no un determinante de este trastorno [6]. ¿Cómo un sistema inteligente puede aportar en el apoyo en el diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas, especialmente en aquellas que residen en zonas rurales y no tienen un acceso recurrente a sus controles prenatales en el centro de salud en Santa Cruz – Cajamarca? Económicamente, se buscó plantear una alternativa de solución aplicada a los temas de diagnóstico de preeclampsia viéndose reflejado en la reducción de gastos que implica trasladarse de la zona rural donde reside al centro de salud donde se realizan los monitoreos prenatales [6]. Asimismo, redujo los costos a largo plazo, con la detección temprana de este trastorno hipertensivo. Por otro lado, desde el punto de vista social se reflejó en el apoyo a las gestantes al registrar sus signos vitales, de manera remota, enviando reportes al especialista evitando el traslado de un lugar a otro. Asimismo, gracias a esta tecnología se obtuvieron resultados más precisos que los tradicionales. Finalmente, desde el punto de vista científico esta investigación sirve como aporte en el control y monitoreo remoto en mujeres que residen en zonas rurales. En el planteamiento de la investigación como objetivo general se plantea, implementar un sistema inteligente para el apoyo en el diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas en zonas rurales de Santa Cruz, Cajamarca. Asimismo, para el desarrollo de la investigación se seleccionó un algoritmo de machine learning que mejor se adecuó a la investigación para implementarla en el modelo de predicción. Posteriormente, se ha validado el modelo de predicción para la detección de preeclampsia en mujeres embarazadas, asimismo, la interfaz para comunicar al usuario que es la gestante con el sistema inteligente. Finalmente se evaluó la calidad de este, conforme a los criterios establecidos en la norma ISO 25010.

## **Revisión de literatura**

### **Antecedentes**

En esta investigación desarrollada en España [18], se planteó un modelo de aprendizaje automático para predecir eventos de riesgo durante el embarazo, en particular el trastorno hipertensivo como la preeclampsia, además del crecimiento intrauterino, utilizando medida

Doppler de la arteria uterina, sFlt- 1 y los valores de PIGF. Para esto, utilizaron datos recopilados por un estudio realizado por el Centro Médico Universitario de Liubliana, en el que se recolectaron datos de 95 mujeres embarazadas de 24 a 3 semanas de gestación con preeclampsia y restricción del cuello intrauterino. Para la predicción, se evaluaron diferentes clasificadores en términos de exactitud, precisión, recuperación, puntuación de F1, pérdida de Hamming y AUC-ROC. Se encontró que una variación del clasificador del árbol de decisión era el modelo con mejor desempeño. El modelo planteado tenía una métrica de recuperación sólida (0,89) y AUC ROC (0,87), teniendo en cuenta el tamaño de los datos y el desequilibrio de la clase. Para desarrollar el modelo, Python fue el lenguaje de programación elegido; Scikit-learn se utilizó para implementar el algoritmo de Machine Learning. Como parámetros se seleccionó la impureza de Gini. Los resultados finales determinaron algunos modelos que se adaptan a la clasificación con múltiples etiquetas con el clasificador de árboles de decisiones, el clasificador de árboles adicionales, el clasificador de bosques aleatorios y el clasificador de vecinos más cercanos K. Para la validación del modelo, se evaluó AUC ROC, la precisión, la precisión la memoria (proporción de la clase positiva que se clasificó correctamente), la puntuación F1 (media armónica de precisión y recuerdo) y la pérdida de Hamming (proporción de clasificaciones erróneas). Para concluir, se determinó que el clasificador de árboles adicional logró la mejor métrica de todos los modelos evaluados en términos de AUC ROC (0,87).

Este trabajo internacional busca diagnosticar la preeclampsia a partir de la semana 24 de gestación de la madre y fueron 1765 pacientes que participaron [19]. Para ello, se desarrolló un modelo predictivo en big data, mediante técnicas de Machine Learning, cómo “Decision Tree Classifier”; para ello se usó Python como lenguaje de programación y library scikit-learn como uso de librerías. Para la evaluación del sistema entrenado y validado se emplea Valores Predictivos Positivos (VPP) y los Valores Predictivos Negativos (VPN), la sensibilidad y especificidad. Por otro lado, se tomaron en cuenta datos clínicos como antecedentes ginecológicos, antecedentes de preeclampsia, hipertensión crónica o diabetes pregestacional, edad e IMC, edad gestacional y si tenía o no presión arterial elevada. Los resultados obtenidos, manifiestan que introducir NT-proBNP como biomarcador mejora el rendimiento del diagnóstico ya que permite disminuir el total de falsos positivos

Por otro lado, en esta investigación [6] se buscó determinar si la monitorización remota de la presión arterial en mujeres embarazadas con alto riesgo de desarrollar algún HDP, tiene la misma seguridad que una monitorización clínica convencional. Para ello, se evaluaron

resultados fetales, además de los maternos; satisfacción de los pacientes y rentabilidad para con la estrategia propuesta. La población de estudio son las gestantes con alto riesgo de desarrollar un HDP o tener al menos una de las características de alto riesgo, como: Hipertensión crónica, enfermedad autoinmune, diabetes mellitus preexistente, enfermedad renal crónica, trastorno hipertensivo previo del embarazo, diagnóstico de hipertensión gestacional, embarazo por fecundación in vitro o mujeres con riesgo de desarrollar preeclampsia, ser mayores de 18 años, asistentes a tres hospitales de Australia (Liverpool, Campbelltown and Bankstown). Los resultados se presentarán como cocientes de riesgo ajustados con intervalos de confianza del 95%.

De acuerdo con esta investigación de investigación desarrollado en la ciudad de Lima – Perú [20], los dispositivos wearables permiten mantener un control del embarazo de manera remota, logrando identificar enfermedades o alteraciones en su salud que no suelen identificarse en los controles prenatales tradicionales, porque este solo implica las visitas cada vez que los especialistas lo definen. Lo que se propuso, fue la implementación de una solución tecnológica que ayude en el seguimiento y control de las gestantes de manera remota, usando estos dispositivos wearables usando 3 fases; la Planificación, Desarrollo y Análisis. Se tomaron en cuenta enfermedades que se pueden detectar durante el embarazo, y cómo estos dispositivos tienen una finalidad para cada una. Esta propuesta consiste en enviar alertas al personal médico para que evalúe e intervenga. Se utilizaron 3 dispositivos wearables, para la cabeza, vientre y muñeca; los cuales se encargan de captar datos de temperatura corporal, contracciones uterinas y presión arterial y frecuencia cardiaca, respectivamente.

Por otro lado, esta investigación desarrollada en Perú [10], se buscó determinar un modelo predictivo de preeclampsia según el consumo de macronutrientes mediante aprendizaje automático en un hospital de Lima. Para el desarrollo de esta, participaron

120 gestantes atendidas durante el periodo de abril a julio del 2019 en el Hospital Sergio Bernales, institución sanitaria del Ministerio de Salud ubicada en el distrito de Comas (Lima, Perú) con un nivel de complejidad III-1. Se incluyeron gestantes adultas mayores de 18 años y con más de 20 semanas de gestación. Asimismo, se utilizó el software OpenEpi para el cálculo del tamaño de la muestra, considerando un nivel de confianza del 95%. La variable dependiente es la presencia de preeclampsia, basada en registros clínicos y la variable independiente fue el consumo de macronutrientes, evaluado en calorías por día.

En cuanto al modelo, se utilizó un modelo de aprendizaje automático supervisado con la técnica de árbol de decisión.

Del mismo modo, en esta investigación [21] se tomó en cuenta el detectar la hipertensión arterial basado en inteligencia artificial. Para ello se utilizó un dataset de 5615 registros en la web Júpiter Notebook. Las herramientas que se utilizaron para llevar a cabo esta investigación son Google Colaboraty, Google Drive; librerías como Numpy, Pandas y Scikit learn, Regresión Logística con variables de entrada y salida relacionadas a la hipertensión arterial, para clasificar resultados en valores discretos. Se tomó en cuenta variables como; el sexo, edad, presión sistólica, presión diastólica, peso, talla, fuma, actividad física y región; y como resultado de salida el tener o no hipertensión. El trabajo tuvo un acierto del 88% en sus predicciones de hipertensión arterial.

## **Bases teorías**

### **Tecnología wearable**

La tecnología wearable, permite obtener datos clínicos como la presión arterial y la frecuencia cardíaca en tiempo real y de manera remota. cita Estos dispositivos permitirán a las gestantes realizarse un autocontrol materno ya que cuenta con sensores en la pulsera. Esta pulsera tendrá que ser usada por la gestante todos los días [20].

### **Hipertensión**

La hipertensión es el término clínico para la presión arterial alta, que es la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias. La manera tradicional de diagnosticar la presencia de algún trastorno hipertensivo es durante las visitas periódicas que se tiene con la obstetra, donde esta le medirá la presión con un brazaletes ubicado alrededor del brazo y utilizando un estetoscopio para escuchar el flujo sanguíneo. En relación con este sistema inteligente desarrollado, la hipertensión será signo de alerta en las gestantes, lo cual deberá ser motivo para acudir al centro de salud y controlar su estado. Por lo general la hipertensión se da cuando la presión sistólica y diastólica sobrepasan los límites de 140/90 mmHg [22] .

### **Presión arterial**

La presión arterial PA, se realiza tomando como medición la presión sistólica y diastólica. La PA es la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias [34]. En relación con el sistema inteligente desarrollado, la presión arterial será medida mediante un dispositivo

wearable (pulsera), la cuál es utilizada por la gestante desde la zona o lugar donde se encuentre, teniendo la finalidad de poder identificar riesgos de hipertensión regularmente, haciéndolas propensas a adquirir preeclampsia. La gestante ingresa el valor arrojado por esta pulsera en el aplicativo móvil, además de otros datos clínicos permitiendo identificar alertas [23] [24].

### **Preeclampsia**

La preeclampsia (PE) es un aumento repentino de la presión arterial que regularmente se da después de la semana 20 del embarazo, mayormente en el último trimestre [24]. La PE puede deberse a un problema de desarrollo de placenta, esto puede liberar sustancias químicas en el torrente sanguíneo que pueden causar hipertensión arterial, dañar vasos sanguíneos y afectar el funcionamiento de los riñones y el hígado. En el sistema inteligente, la gestante apoyándose de la pulsera ingresará las medidas arrojadas en esta, adicional a esto, se ingresan datos clínicos asociados a preeclampsia [30]. El sistema inteligente permite a la gestante identificar este trastorno a medida que ingrese el valor de la presión arterial tomado desde la pulsera wearable, adicionalmente de los síntomas que padece actualmente, para que finalmente le dé un diagnóstico. Regularmente si la presión arterial sobrepasa los 140/90mmHg en dos o más ocasiones separadas por un tiempo definido de 10 min a 4 horas, muestra alerta de riesgo de preeclampsia [33]

### **Machine Learning**

Se hizo uso de esta disciplina para el entrenamiento de diferentes algoritmos de predicción, que finalmente ayudó en la selección del de mejor resultado. La metodología que se utilizó es la del Ciclo de vida de un proyecto de Machine Learning [25] [26]. Cada una de sus fases, sirvieron para poder elaborar un algoritmo que se adapte a las necesidades del proyecto.

### **Modelo Mobile Sprint**

Esta metodología permitió la continuidad del proyecto en cuanto al desarrollo de la interfaz entre el usuario y el modelo que anteriormente se seleccionó. El Modelo Mobile Sprint (MMS), brinda fases en donde en la fase de ejecución permitió la integración del algoritmo de predicción que se había entrenado en Machine Learning. Finalmente se puso en ejecución y mostrado a las gestantes y especialistas [27]

**Materiales y métodos**  
**Matriz de consistencia**

<b>FORMULACIÓN DE PROBLEMA</b>		<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>
¿Cómo un sistema inteligente puede aportar en el apoyo en el diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas, especialmente en aquellas que residen en zonas rurales y no tienen un acceso recurrente a sus controles prenatales en el centro de salud en Santa Cruz – Cajamarca?		<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>
		Investigación aplicada, porque busca cumplir con un objetivo práctico y brindar solución a un problema existente
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Implementar un sistema inteligente para el apoyo al diagnóstico preeclampsia en mujeres embarazadas en zonas rurales en Santa Cruz, Cajamarca.	Analítico	Es el estudio y análisis del problema de la adquisición del trastorno hipertensivo de preeclampsia adquirido por mujeres embarazadas y sobre el apoyo en el diagnóstico de este especialmente en embarazadas en zonas rurales.
	Deductivo	Utilizado para el planteamiento de la propuesta del sistema inteligente para el apoyo en el diagnóstico de preeclampsia en mujeres de zonas rurales

	Implementación	Se ha implementado un sistema inteligente basado en Machine Learning que sirve de apoyo en el diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas en zonas rurales.
--	----------------	--

	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	ELEMENTOS DE POBLACIÓN	PROPÓSITO
	Entrevista	Ficha de entrevista	Gestantes	Recopilar información sobre la problemática y los factores que la causan
Especialistas en obstetricia			Recopilar información sobre la problemática y los factores que la causan, técnicas que utilizan para detectar preeclampsia,	

			síntomas frecuentes y datos clínicos tomados en las gestantes
Juicio por expertos	Plantilla de juicio por expertos	Especialistas en obstetricia	Validar el uso de la aplicación móvil y adquirir sugerencias e implementar mejoras
Encuesta	Plantilla de encuesta	Gestantes	Recopilar información sobre cómo se han sentido antes de ser diagnosticadas con preeclampsia

			especialistas en obstetricia	Recopilar información sobre puntos clave en la detección de preeclampsia
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>INDICADORES</b>		
Seleccionar un algoritmo de Machine Learning para su implementación en el modelo de predicción	Este objetivo consiste en la selección entre diferentes algoritmos que se ajusten a las necesidades de la problemática. Aquí se tomó en cuenta la revisión de la literatura, en donde resolvieron un problema similar y usaron ciertos algoritmos de predicción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Algoritmos de clasificación binaria</li> <li>- Algoritmos supervisados</li> <li>- Implementación de hiperparámetros</li> <li>- Porcentaje de métricas mayores a 80%</li> </ul>		
Validar un modelo de predicción basado en Machine Learning para la detección de preeclampsia en mujeres embarazadas.	Este objetivo consistió en la validación del modelo de predicción en base al algoritmo seleccionado, el cual tuvo un porcentaje de métrica de aceptación mayor al 80%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de métricas de evaluación del modelo entrenado mayor al 80%</li> </ul>		

<p>Validar una interfaz de usuario para la interacción con el sistema inteligente.</p>	<p>Este objetivo buscó la validación de la interfaz una vez creada, es decir la aplicación móvil con la que los usuarios (gestantes y especialistas) podrán interactuar para fines correspondientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplimiento con los requisitos funcionales y no funcionales</li> <li>- Porcentaje de satisfacción mayor al 70% por parte de las gestantes evidenciado en encuestas</li> </ul>
<p>Evaluar la usabilidad del sistema inteligente conforme a los criterios establecidos en la norma ISO ISO/IEC 25012</p>	<p>Este objetivo buscó evaluar la usabilidad del sistema inteligente, basado en la norma ISO 25010, que está basada en la calidad del producto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de aceptación mayor al 70% evidenciado en encuestas a especialistas</li> </ul>

## **Resultados y discusión**

### **Resultados**

Los resultados del proyecto serán presentados a continuación, en base a los objetivos específicos definidos.

### **Primer objetivo específicos: Seleccionar un algoritmo de Machine Learning para su implementación en el modelo de predicción**

Para la selección de los algoritmos a entrenar, se han tomado en cuenta la revisión de la literatura revisada en los antecedentes internacionales, nacionales y locales; donde hayan trabajado investigaciones o proyectos similares. Para esto, los algoritmos preseleccionados fueron Random Forest, Support Vector Machine, Logist Regresión, Perceptrón Multicapa, Gradient Boosting Classifier, redes neuronales como Neural Network, todos estos modelos obtuvieron resultados superiores al 70% y por este motivo fueron seleccionados para la implementación en el modelo; todos estos son supervisados y de clasificación binaria.

MODELOS	<u>Random Forest</u>	<u>Logistic Regresión</u>	<u>Support Vector Machine</u>	<u>Neural Network</u>	<u>Gradiente Boosting</u>	<u>MLP</u>
INDICADORES						
Tipo de aprendizaje	Supervisado	Supervisado	Supervisado	Supervisado	Supervisado	Supervisado
Tipo de algoritmo	Clasificación/Regresión	Clasificación	Clasificación/Regresión	Clasificación/Regresión	Clasificación/Regresión	Clasificación
<u>Accuaracy</u>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<u>Pecision</u>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<u>Recall</u>	SI	SI	SI	SI	SI	SI
F1-score	SI	SI	SI	SI	SI	SI
AUC - ROC	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Matriz de confusión	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tiempo de entrenamiento	Moderado	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto
Tiempo de predicción	Moderado	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Capacidad de interpretación	Media	Alta	Baja	Baja	Media	Media
<u>Ajuste de hiperparámetros</u>	Moderado	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto

**Selección final:**

- Para la elección final de los algoritmos, se tomaron en cuenta aquellos que mejor se ajustaron a las necesidades de la problemática, porque las variables de entrada son de clasificación binaria, además de valores numéricos. Por otro lado, el resultado del diagnóstico es binario, sólo si es que se tiene o no preeclampsia.
- Las etiquetas rojo, amarillo y verde; sirven para la clasificación de acuerdo con los indicadores evaluados. Donde rojo es un indicativo de no selección, amarillo es indicativo de posible selección y verde es de sí selección.
- En este caso, se han tomado en cuenta aquellos algoritmos que tienen menos de dos etiquetas rojas, para evitar algún desequilibrio u error en el entrenamiento.
- Se ha tomado en consideración eliminar al que menos relación tiene con la finalidad del modelo a conseguir, para solo entrenar los que mejor se adapten.
- Se tiene como celdas con más celdas rojas al algoritmo de Regresión Logística, quedando esta fuera de los seleccionados.
- Mientras los algoritmos de Random Forest, Support Vector Machine, Neural Network, Gradient Boosting y MLP como los algoritmos seleccionados y puestos a usarlos en el entrenamiento

**Segundo objetivo específico: Validar un modelo de predicción basado en Machine Learning para la detección de preeclampsia en mujeres embarazadas.**

De acuerdo con el conocimiento de las definiciones, se procedió a entrenar el modelo y evaluar los resultados de acuerdo con lo obtenido. Inicialmente, el modelo

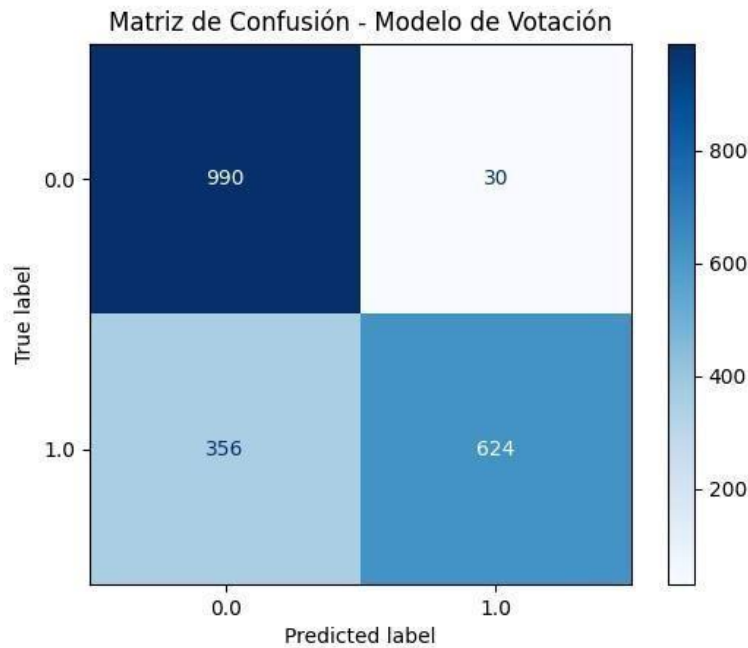
Los puntajes fueron asignados del 1-4, y se le dio el puntaje por orden de mérito. Donde 4 es el máximo puntaje y 1 el mínimo.

Los resultados fueron los siguientes.

Modelo	Acuaracy	Puntaje	Precisión	Puntaje	Recall	Puntaje	F1-Score	Puntaje
A.Random Forest	0.8085	3	0.8510	4	0.8085	4	0.8017	3
B.Support Vector Machine	0.7905	1	0.8210	2	0.7905	1	0.7845	1
C.Neural Network	0.8025	2	0.8141	1	0.7925	2	0.7920	2
D.Gradient Boosting	0.8245	4	0.8316	3	0.8045	3	0.8021	4
Seleccionado		D		A		A		D

Al ver que Random Forest y Gradient Boosting tiene dos veces una marca verde que es la más alta y dos veces la marca mostaza, se procedió con la suma de sus valores para escoger al de más alto valor. Finalmente, el que tuvo un valor más alto es el modelo con RandomForest, con un resultado de la suma de sus valores de 3.2697.

Asimismo, se generó una matriz de confusión con el modelo que tuvo mayor porcentaje de predicción, que fue RandomForest. Del 20% del modelo de entrenamiento, se generó los siguientes resultados:



### Leyenda

<b>Verdaderos positivos</b>	El valor real de los 990 valores es positivo y el modelo lo predijo de manera correcta
<b>Verdaderos negativos</b>	El valor real de los 624 valores es negativo y el modelo lo predijo de manera correcta.
<b>Falsos negativos</b>	El valor real de los 356 valores es positivo y el modelo lo predijo de manera negativa.
<b>Falsos positivos</b>	El valor real de los 30 valores es negativo y el modelo lo predijo de manera positiva.

### Tercer objetivo específico: Validar una interfaz de usuario para la interacción con el Sistema Inteligente

Para la validación de este objetivo se tomó en cuenta el cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales que se habían considerado inicialmente. Se presentan en el apartado de [Anexos](#).

Pregunta	Mayor valor
¿Cómo le pareció el registro de datos en la aplicación?	FACIL / MUY FACIL
¿Cómo le pareció el inicio de sesión en la aplicación?	MUY FACIL
¿Al navegar por primera vez, como le pareció navegar por la aplicación?	FACIL
¿Cómo le pareció la navegabilidad para la evaluación final de sus datos en cuanto a la predicción?	FACIL
¿Cómo le pareció el uso del dispositivo wearable?	MEDIO
¿Cómo le pareció ejecutar los reportes?	MUY FACIL
¿Cómo le pareció los ítems de ayuda?	MUY FACIL
¿Cómo le pareció el registro de alarma?	MEDIO
En general, ¿Cómo considera el uso de la aplicación?	FACIL

Se obtuvieron los siguientes resultados según la tabla:

- Del total de ítems 4 veces se obtuvo el resultado de MUY FÁCIL
- Del total de ítems 4 veces se obtuvo el resultado de FACIL - Del total de ítems 2 veces se obtuvo el resultado de MEDIO
- No se obtuvieron resultados de DIFICIL, ni MUY DIFÍCIL.
- Las gestantes que respondieron, cuentan con 26,21,33,20 y 42 años; de las cuales 4 han presentado preeclampsia.

Por lo tanto, se puede considerar que la aplicación es de un rango de FACIL y MUY FACIL de usar de acuerdo con las respuestas de las 5 gestantes.

**Cuarto objetivo específico: Evaluar la usabilidad del sistema inteligente conforme a los criterios establecidos en la norma ISO ISO/IEC 25010**

Para el cumplimiento de este objetivo, se aplicó una encuesta a una especialista en obstetricia después del uso de la aplicación. Esto se evidencia en el Anexo 02.

En esta encuesta se aplicaron 40 preguntas basadas en las características de la ISO25010, las cuales buscan validar la calidad del software construido. La encuesta fue desarrollada por la Licenciada en obstetricia Yudith Salazar, encargada de la jefatura del centro de salud Santa Cruz con estado activo.

Según las respuestas, se obtuvieron los siguientes resultados:

Ítem	Total	Porcentaje
Totalmente en desacuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	16	40%
De acuerdo	20	50%
Totalmente de acuerdo	4	10%
Total	40	100%

**Discusión**

En el primer objetivo “Seleccionar un algoritmo de Machine Learning para implementarla en el modelo de predicción” se tuvo como resultado la selección del algoritmo de Random Forest con un porcentaje en sus métricas mayores al 80%, que fue el que mejor porcentaje obtuvo de entre varios evaluados, lo que refuerza la idea planteada por [25], donde indicó que el clasificador de árboles logró la mejor métrica de todos los modelos evaluados en términos de AUC ROC 0,87, teniendo en cuenta que el tamaño de los datos y la variación de sus valores ocasionan un desequilibrio en el entrenamiento. Esta investigación tomó en cuenta la población de estudio de 95 mujeres de 3 a 24 semanas de gestación, debido a que es en este periodo de gestación donde la gestante desarrolla más el riesgo de adquirir preeclampsia. Por lo tanto, se crea una relación con este antecedente, porque se ha obtenido el modelo que también superó el 80% de sus métricas evaluadas, de igual manera para la selección se tomaron en cuenta que se pueda ajustar con hiperparámetros y la estandarización de las variables de entrada, porque al haber valores de clasificación binaria y otros numéricos y con

rangos mayores a 100, ocasiona un desequilibrio en el peso que el modelo asignaba a cada variable.

Por otro lado, en el segundo objetivo específico “Validar un modelo de predicción basado en Machine Learning para la detección de preeclampsia en mujeres embarazadas”, se logró implementar y validar el mejor modelo de entrenamiento, en el cual se tomaron en cuenta datos clínicos relacionados a preeclampsia o a trastornos hipertensivos en el embarazo, como; la edad, semana gestacional, frecuencia cardiaca, presión arterial u otro valor que se relacione con el diagnóstico de preeclampsia. lo cual refuerza a lo indicado en [26], porque también tomó como población a estudiar a gestantes a partir de la semana 24 y hubo un total de 1765 pacientes que participaron. Para el tercer objetivo el “Validar una interfaz para comunicar al usuario con el Sistema Inteligente”, se obtuvieron resultados mediante una encuesta realizada a gestantes para conocer la satisfacción del uso de la aplicación, confirmando con ello el cumplimiento de los requisitos funcionales y no funcionales con respecto a la monitorización remota de preeclampsia. Por lo cual refuerza lo indicado en este antecedente [8], porque indica que la monitorización remota de los controles prenatales sí permiten diagnosticar a tiempo si existe riesgo de desarrollar preeclampsia. Para ello, tomó en cuenta variables como la edad, antecedentes hipertensivos, fecundación in vitro, etc. Asimismo, los resultados que obtuvo fueron del 95%, dando una tasa de confiabilidad alta. Lo que se relaciona con este proyecto de investigación, es que también se evaluó la probabilidad de que la aplicación sea utilizada remotamente, además, de evaluar antecedentes familiares y personales relacionados a trastornos hipertensivos. En este caso, la población evaluada fue a gestantes mayores a 14 años.

Asimismo, para el cuarto objetivo específico donde se evalúa la usabilidad del sistema conforme a la ISO 25010, la especialista que respondió a la encuesta mostró una satisfacción positiva del 50% y una neutra del 40%, dando como conclusión que la monitorización remota mediante este sistema inteligente es considerable positiva, por lo que refuerza a lo investigado según [27], donde indica que el uso de dispositivos wearables permite mantener un control prenatal de manera remota con gestantes que viven en zonas rurales. Esto ha permitido diagnosticar casos de preeclampsia a gestantes que por distintos factores no acceden a sus controles tradicionales. De acuerdo con los resultados de este proyecto de investigación, se tomó en cuenta variables como la edad de la gestante y las semanas de gestación, al igual que también se entrenó el modelo de árbol de decisión, reforzando al antecedente [15] donde

indicó que buscó investigar sobre la relación que existe con el consumo de macronutrientes y el desarrollo de preeclampsia, participaron 120 gestantes de un hospital en Lima evaluando a aquellas que tienen una edad gestacional mayor a las 20 semanas. Finalmente, el porcentaje de confianza del modelo lo obtuvo con OpenEpi, teniendo un 95% de precisión.

La relación que existe con este proyecto es que se tomaron en cuenta algunas de las variables mencionadas a continuación, además de obtener un resultado de confiabilidad mayor al 80%, haciendo que esté dentro del rango de aceptado. Por lo que refuerza a esta investigación [28], donde también se tomaron variables como la edad, presión arterial, si fuma o no, talla, actividad física, etc; resaltando que son claves para el entrenamiento de un modelo de predicción de preeclampsia. Asimismo, estandarizar las variables le hicieron lograr un 88% de confiabilidad del modelo.

### **Conclusiones**

El sistema inteligente desarrollado para el apoyo en el diagnóstico de preeclampsia en mujeres embarazadas ha cumplido con el objetivo planteado, utilizando técnicas de predicción en Machine Learning y puesto a disposición del centro de salud en Santa Cruz. Asimismo, hace uso de variables relacionadas directamente con la adquisición de trastorno de preeclampsia y su confiabilidad supera el 80% según las métricas de evaluación.

En relación con los objetivos, se logró la selección de los algoritmos de Machine Learning que cumplan con los criterios de clasificación establecidos, como el tipo de modelo que sea supervisado, de clasificación binaria, que el ajuste con los hiper parámetros pueda ser implementado, ya que esto permite mejorar las métricas de evaluación del modelo. Por otro lado, se logró la validación de los modelos de predicción que fueron evaluados entre todos los que inicialmente quedaron seleccionados, el modelo con mayor porcentaje fue Random Forest, que según sus métricas de evaluación superaron el 80%, siendo un valor aceptable. Asimismo, se procedió con la validación de la interfaz de comunicación entre el sistema inteligente y el usuario, esto se validó con el cumplimiento de los requisitos funcionales y sus respectivas evidencias. Finalmente, se evaluó el sistema inteligente basado en los criterios establecidos en la norma ISO 25010; en donde las gestantes respondieron un cuestionario sobre la usabilidad del sistema, en donde la valoración de uso finalmente fue de FÁCIL.

**Recomendaciones**

- Se recomienda vincular los dispositivos wearables directamente con el sistema Inteligente, es decir que sean parte del sistema y así evitar que las gestantes tengan que ingresar los valores manualmente.
- Se recomienda mejorar el sistema en cuanto a funcionalidad remota, donde las gestantes no tienen acceso a internet.

## Referencias

- [1] C. S. J. Tdeo, «Importancia de los controles en el embarazo,» Lima.
- [2] B. Salas Ramirez, F. Montero Brenes y G. Alfaro Murillo, «Hypertensive disorders in pregnancy: comparison between the Caja Costarricense del Seguro Social 2009 Guideline and the American College of Obstetricians and Gynecologists 2019 recommendation,» *Revista Médica Sinergia*, vol. IV, nº 7, pp. 1-14, 2019.
- [3] O. M. d. l. Salud, «Recomendaciones de la OMS sobre el tratamiento farmacológico de la hipertensión arterial ligera o moderada en el embarazo,» 2020.
- [4] N. E. Institute, «Instituto Nacional del Corazón, los Pulmones y la Sangre (National Heart Lung and Blood Institute, NHLBI),» 2019.
- [5] C. p. e. C. y. l. P. d. Enfermedades, «Los trastornos hipertensivos del embarazo afectan a 1 de cada 7 partos en los hospitales,» 2022.
- [6] T. Rajkumar, V. Marlien, L. Kenny y F. Jill, «Remote blood pressure monitoring in high risk pregnancy — study protocol for a randomised controlled trial (REMOTE CONTROL trial),» *BioMedCentral*, 2023.
- [7] Y. M. Buelvas Ochoa, J. Baula Romero y C. J. Cuadrado Banda, «Resultados maternos y neonatales en mujeres con trastornos hipertensivos en embarazos lejos del término », *Revista Científica de Enfermería*, vol. xx, nº 1, 2021.
- [8] R. Novoa Reyes, Interviewee, *INMP: especialistas recomiendan iniciar control prenatal precoz para prevenir preeclampsia*. [Entrevista]. 24 Mayo 2022.
- [9] C. M. León Muñoz, «VALOR PREDICTIVO DEL ROLL OVER TEST EN LA IDENTIFICACIÓN DE PREECLAMPSIA. CENTRO DE SALUD MAGNA VALLEJO. CAJAMARCA, 2020,» *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE OBSTETRICIA*, vol. I, nº 1, pp. 1-78, 2020.
- [10] V. H. Moquillaza Alcántara y A. M. Guerrero Rosa, «MODELO PREDICTIVO DE PREECLAMPSIA SEGÚN EL CONSUMO DE MACRONUTRIENTES MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO EN UN HOSPITAL DE LIMA, 2019,» *Revista Peruana de Investigación Materno Perinatal*.

- [11] Y. Enríquez Canto, «Desigualdades en la cobertura y en la calidad de la atención prenatal en Perú, 2009-2019,» *iris Institutional Repository for Information Sharing*, pp. 1-9, 2022.
- [12] Minsa, «Norma técnica de la salud para la atención integral de salud materns».
- [13] L. M. Malasquez Rodriguez, «Factores asociados al abandono de la atención prenatal en gestantes, según Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2021,» *Repositorio Institucional Tesis y trabajos de Investigación*, 2023.
- [14] A. Hernandez Vásquez, «Factors associated with the quality of prenatal care in Peru », *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 36, nº 2, 2019.
- [15] J. Mendoza Vilcahuaman, R. J. Muñoz de la Torre, Diaz y Anibal, «Factores asociados a hipertensión arterial inducida por embarazo en personas que viven en altura,» *Dialnet*, vol. 21, nº 3, 2021.
- [16] L. Dugoff, «The use of cell-free DNA technology in pregnancy loss,» *MedlinePlus Health Information*, 2023.
- [17] X. S. Y. L. G. L. X. L. Q. D. Hanxiang Sun, «Association between Abortion History and Perinatal and Neonatal Outcomes of Singleton Pregnancies after Assisted Reproductive Technology,» *National Library of Medicine*, vol. 12, nº 1, 2023.
- [18] L. Gómez Jemes, A. M Oprescu, C. Angel y L. García Díaz, «Machine Learning to Predict Pre-Eclampsia and Intrauterine Growth Restriction in Pregnant Women,» *ResearchGate*, vol. 11, nº 19, pp. 1-15, 2022.
- [19] P. Lafuente Ganuza, «Un modelo de machine learning para predecir preeclampsia utilizando el cociente sflt-1,» *Dialnet*, 2021.
- [20] J. P. Benites Camacho, «Solución para el control y seguimiento del proceso de gestación de mujeres utilizando dispositivos wearables,» *ALICIA ( Acceso libre a la Información Científica para la Innovación)*, vol. 1, nº 1, pp. 1-278, 2020.
- [21] C. M. Tesillo Gomez, Y. A. Escobar Arcaya y E. D. León Gutierrez, «Prediction of arterial hypertension through a logistic regression system,» *ulasalle*, vol. 2, nº 2, 2021.
- [22] O. M. d. I. Salud, «Hipertensión,» 2023.
- [23] I. P. y. I. S. Instituto Nacional del Corazón, «Presión arterial alta,» 2024.
- [24] M. I. d. s. p. usted, «Presión arterial en el embarazo,» 2021.

- [25] IBM, «QUÉ ES EL MACHINE LEARNING».
- [26] A. W.-A. Framework, «Machine Learning Lens,» 2024.
- [27] J. R. Molina Ríos, M. P. Zea Ordoñez, F. F. Redrovan Castillo, M. R. Valarezo Pardo, J. A. Honores Tapia, R. F. Morocho Roman, J. L. Armijos Carrión, O. E. Cárdena Villavicencio y Romer, «Metodología para el diseño y desarrollo de aplicaciones móviles (MMS),» *Ingeniería y Tecnología*, vol. I, pp. 1-90, 2021.
- [28] T. Rajkumar, V. Marlien, L. Kenny y F. Jill, «Remote blood pressure monitoring in high risk pregnancy — study protocol for a randomised controlled trial (REMOTE CONTROL trial),» 2023.
- [29] J. P. Benites Camacho, «Solución para el control y seguimiento del proceso de gestación de mujeres utilizando dispositivos wearables,» *Repositorio Académico UPC*, vol. 1, n° 1, pp. 1-278, 2020.
- [30] E. Connect, «Valoración inicial de la gestación. Concepto de alto riesgo en obstetricia,» 2022.
- [31] P. Carrillo Mora, A. García Franco, M. Soto Lara, G. Rodriguez Vásquez, J. Perez Villalobos y D. Martinez Torres, «Cambios fisiológicos durante el embarazo normal,» *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, vol. 64, n° 1, pp. 1-10, 2021.
- [32] J. A. Inga Mezones, «Desigualdad en los controles prenatales adecuados de un área rural vs área urbana según ENDES 2021,» *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, pp. 1-59, 2021.
- [33] O. M. d. I. Salud, «Mortalidad materna,» 2023.
- [34] V. L. Gonzales Cowes, «La adherencia al control prenatal en el norte argentino desde una perspectiva de interfaz social,» *National Library of Medicine*, 2021.
- [35] N. Gomez Martinez, B. Criollo y D. Noroña, «Abordaje educativo para la prevención del embarazo en adolescentes en atención primaria: una intervención profesional en el contexto de salud,» *Revista Cornado*, n° 19, 2023.
- [36] Amila, «Pregnacy Tracker». 23 Agosto 2023.
- [37] OECDiLibrary, Manual de Frascati 2015, 2018.

## Anexos

### 1. Carta de aceptación producto acreditable



DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
UNIDAD EJECTURA DE SALUD SANTA CRUZ  
MICRORED DE SALUD SANTA CRUZ



*“Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”*

#### CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE TESIS 2024

Santa Cruz, 08 de noviembre del 2024

#### CARTA N° 002-2024

DE : MG. Loyola Yudith Salazar Racho  
Jefa del centro de Salud Cruz – Cajamarca

PARA : Dr. Ing. Maximiliano Arroyo Ulloa  
Decano de la Facultad de Ingeniería USAT



Por este medio de la presente hago constar que la estudiante **BATUREN TRUJILLANO ELIANA LIZETH** identificado con DNI: N° 73784276 y código universitario 192BE91068 de la **ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN** en la **UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO** en la ciudad de Chiclayo, ha concluido satisfactoriamente con la implementación de la aplicación inteligente “App Maternal” cumpliendo con los requisitos y objetivos establecidos. El producto acreditable **“SISTEMA INTELIGENTE PARA EL APOYO EN EL DIAGNÓSTICO DE PREECLAMPSIA EN MUJERES EMBARAZADAS DE ZONAS RURALES DE SANTA CRUZ – CAJAMARCA”**, ha sido implementado con la finalidad de apoyo en la detección de preeclampsia en gestantes que residen en zonas rurales o aledañas a la provincia asociadas al seguro SIS en el centro de salud Santa Cruz.

Se expide la presente constancia para los fines que se crea conveniente.

Atentamente,

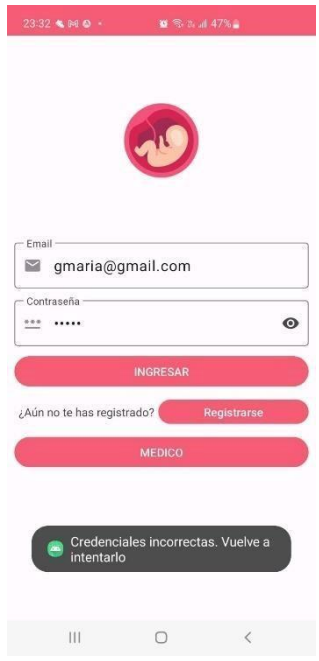
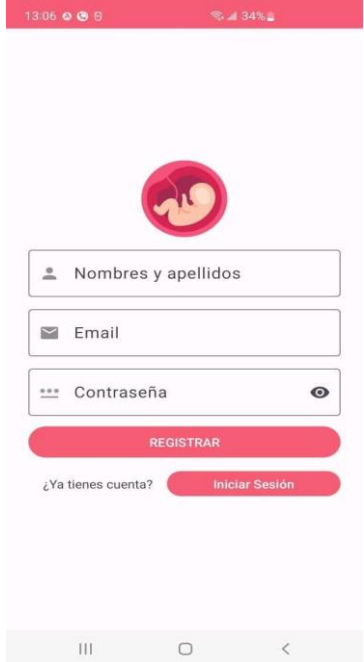
  
Loyola Salazar Racho  
JEFATURA OBSTETRA  
COP: 20999



-

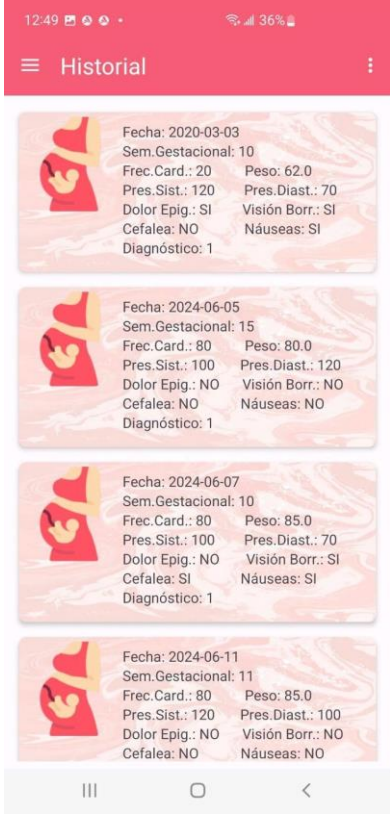

### 2. Tercer objetivo específico



#### a. Anexo 01: Requisitos Funcionales


Código	Descripción	Realizado		Evidencia
		SI	NO	

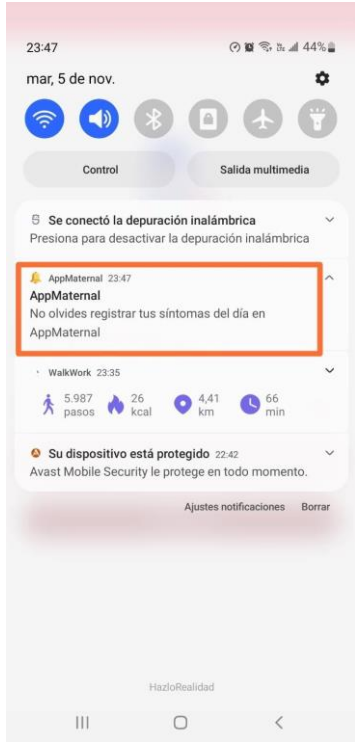
RF01	Validar credenciales para el inicio de sesión	SI		
RF02	Los usuarios podrán registrarse ingresando como datos Nombres, Apellidos, email y contraseña.	SI		


RF03	<p>Gestionar datos de la gestante como nombres, email. Usuario, antecedentes médicos familiares, personales, etc.</p>	SI	
RF04	<p>Gestionar datos médicos como; presión arterial, frecuencia cardiaca, peso, dolor epigastrio, etc.</p>	SI	


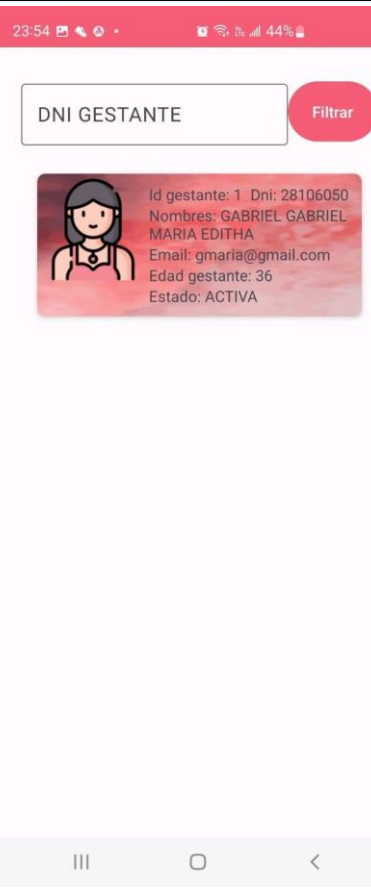
<p>RF05</p>	<p>Listar historial de registros médicos</p>	<p>SI</p>	 <p>12:49 36%</p> <p>Historial</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fecha: 2020-03-03 Sem.Gestacional: 10 Frec.Card.: 20    Peso: 62.0 Pres.Sist.: 120    Pres.Diast.: 70 Dolor Epig.: SI    Visión Borr.: SI Cefalea: NO    Náuseas: SI Diagnóstico: 1</li> <li>Fecha: 2024-06-05 Sem.Gestacional: 15 Frec.Card.: 80    Peso: 80.0 Pres.Sist.: 100    Pres.Diast.: 120 Dolor Epig.: NO    Visión Borr.: NO Cefalea: NO    Náuseas: NO Diagnóstico: 1</li> <li>Fecha: 2024-06-07 Sem.Gestacional: 10 Frec.Card.: 80    Peso: 85.0 Pres.Sist.: 100    Pres.Diast.: 70 Dolor Epig.: NO    Visión Borr.: SI Cefalea: SI    Náuseas: SI Diagnóstico: 1</li> <li>Fecha: 2024-06-11 Sem.Gestacional: 11 Frec.Card.: 80    Peso: 85.0 Pres.Sist.: 120    Pres.Diast.: 100 Dolor Epig.: NO    Visión Borr.: NO Cefalea: NO    Náuseas: NO</li> </ul>
<p>RF06</p>	<p>Hacer uso del modelo inteligente para mostrar un resultado de diagnóstico a la gestante.</p>	<p>SI</p>	 <p>23:39 45%</p> <p>Recordatorios</p> <p>Peso (kg) 63</p> <p>Presión arterial Sistólica 141 / Diastólica 100</p> <p>Dolor Epigastro Visión borrosa</p> <p><b>Resultado de la Predicción</b> Existe riesgo de Preeclampsia, si los resultados persisten, consulte a su médico Vuelva a consultar en los próximos 10 minutos ACEPTAR</p> <p>1 2 3 4 5 6 Realiz. 7 8 9 .- 0</p>

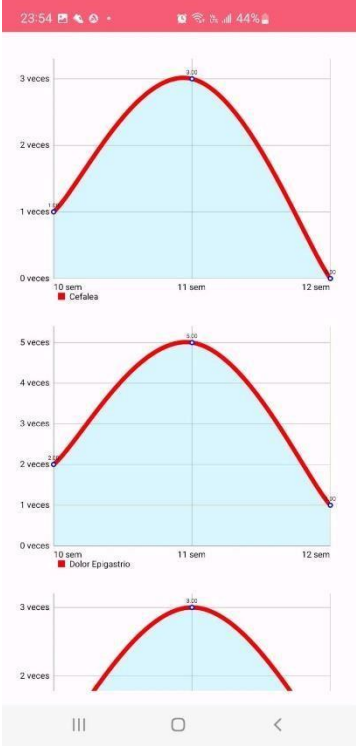
RF07	<p>Mostrar deportes de los médicos de acuerdo con la gestación</p>	SI	
RF08	<p>Mostrar a la gestante mensajes de bienvenida, de alerta, validación de ingreso de datos</p>	SI	

RF09	Mostrar botón de predicción, para ingresar los datos	SI		
RF10	Permitir navegar entre módulos y teniendo integridad de datos	SI		La aplicación permite la navegabilidad entre pantallas, permitiendo que el usuario pueda acceder a toda la aplicación

RF11	La aplicación recibirá notificaciones registradas por las gestantes para usarlos como recordatorios de registro de datos.	SI	
------	---	----	--

RF12	La aplicación mostrar a gestantes información sobre el tema de preeclampsia y un número de contacto con la posta médica	SI	
------	---	----	--

RF13	La aplicación tendrá un perfil para el tipo de usuario de obstetra	SI	
RF14	La aplicación permitirá al especialista poder ver la lista de gestantes a su cargo	SI	

RF15	La aplicación permitirá a SI los especialistas realizar reportes por cada gestante	 <p>The image displays three line graphs from a mobile application interface. The top graph, titled 'Cefalea' (Headache), shows a frequency of 1 time at 10 weeks, peaking at 3 times at 11 weeks, and returning to 0 at 12 weeks. The middle graph, titled 'Dolor Epigástrico' (Epigastric Pain), shows a frequency of 2 times at 10 weeks, peaking at 5 times at 11 weeks, and returning to 1 time at 12 weeks. The bottom graph shows a frequency of 2 times at 10 weeks, peaking at 3 times at 11 weeks, and returning to 2 times at 12 weeks. All graphs have a light blue shaded area under the red line representing the frequency over time.</p>
------	--	--

## b. Anexo 02: Requisitos no funcionales

Código	Descripción	Estado	Evidencia
RNF01	La aplicación móvil requiere tener una interfaz amigable y fácil de usar.	Hecho	La aplicación móvil cumple con la amigabilidad y la facilidad de uso, gracias a las encuestas realizadas a los usuarios finales. Se cuenta con un menú donde se despliegan las opciones que permiten navegar entre sí.
RNF02	Se utilizarán colores amigables al tema de embarazo (rosado)	Hecho	Para la gestante se ha utilizado el color rosado, utilizado comúnmente en embarazos o feminidad. Por otro lado, para el perfil del especialista se ha usado el color característico del vino, utilizado en los uniformes obstétricos.

RNF03	La aplicación será compatible con dispositivos Android	Hecho	La aplicación está desarrollada exclusivamente para ser utilizada en dispositivos Android a partir de la versión 7.
RNF04	La navegación debe ser fluida, las interfaces deben cargar con tiempos no mayor a 3 segundos	Hecho	La aplicación permite navegar sin carga entre pantallas, ofreciendo a los usuarios una navegabilidad eficiente.
RNF05	Disponibilidad las 24 horas los 7 días de la semana.	HECHO	La aplicación está disponible en los dispositivos móviles instalados todos los días de la semana, siempre y cuando se cuente con internet.
RNF06	Las contraseñas de las usuarias serán encriptadas con MD5	HECHO	La aplicación móvil encripta las contraseñas para evitar acceso a su perfil de usuario.

c. Anexo 03: Aplicación de encuesta a gestantes

<b>ENCUESTA DIRIGIDA A LAS GESTANTES QUE USAN EL APLICATIVO MÓVIL AFILIADAS AL CENTRO DE SALUD SANTA CRUZ</b>								
<b>Nombres y apellidos (Opcional):</b>				<b>Lugar de residencia</b>				
Se utilizará la siguiente escala de valoración								
MUY DIFÍCIL	DIFÍCIL	MEDIO	FÁCIL	MUY FÁCIL				
1	2	3	4	5				
Pregunta			Valoración	Resultado total de gestantes				
¿Cómo le pareció el registro de datos en la aplicación?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	1	2	2
¿Cómo le pareció el inicio de sesión en la aplicación?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	0	2	3
¿Al navegar por primera vez, como le pareció navegar por la aplicación?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	1	4	0
¿Cómo le pareció la navegabilidad para la evaluación final de sus datos en cuanto a la predicción?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	1	4	0
¿Cómo le pareció el uso del dispositivo wearable?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	3	2	0
¿Cómo le pareció ejecutar los reportes?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	0	2	3
¿Cómo le pareció los ítems de ayuda?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	0	2	3
¿Cómo le pareció el registro de alarma?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	3	1	1
En general, ¿Cómo considera el uso de la aplicación?				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
				0	0	1	3	1

¿Qué sugerencias tiene para aplicarlas en la aplicación? No tengo \_\_ Si tengo \_\_ ¿Cuál? ¿Cuáles?

- Agendar citas
- No tardar en llegar notificaciones de alarma
- Mensaje de predicción más llamativo