



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**NUTRI-AI ASISTENTE NUTRICIONAL INTELIGENTE CON RED
NEURONAL PARA LA GENERACION ASISTIDA DE PLANES
DIETETICOS EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2**

AUTOR

CURAY SORIANO, PATRICIO JOSE

PROYECTO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**Previo a la obtención del grado académico en
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

TUTOR

Ing. Comp. Bayas Sampedro Marcia Marisol, PhD.

Santa Elena, Ecuador

Año 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. José Sánchez A. Mgtr.
DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Comp. Marcia Bayas S. Ph,D.
TUTOR

Ing. Walter Orozco I. Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA

Ing. Marjorie Coronel S. Mgtr.
DOCENTE GUÍA UIC



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por **Curay Soriano Patricio Jose**, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información.

La Libertad, a los 18 días del mes de julio del año 2026

TUTOR



Ing. Comp. Marcia Bayas Sampedro. Ph.D.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Curay Soriano Patricio Jose

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Nutri-AI Asistente Nutricional Inteligente Con Red Neuronal para la generación asistida de Planes Dieteticos En Pacientes Con Diabetes Mellitus Tipo 2 previo a la obtención del título en Ingeniero en Tecnologías de la Información, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 18 días del mes de julio del año 2026

EL AUTOR



Patricio Jose Curay
Soriano



Patricio Jose Curay Soriano



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA**

FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Nutri-AI Asistente nutricional inteligente con red neuronal para la generación asistida de planes dieteticos en pacientes con diabetes mellitus tipo 2, presentado por el estudiante, Curay Soriano Patricio Jose fue enviado al Sistema Antiplagio, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



Certificado de análisis
Compilatio Studium

PATRICIO CURAY - NUTRI-AI ASISTENTE NUTRICIONAL INTELIGENTE CON RED NEURONAL PARA LA GENERACION ASISTIDA DE PLANES DIETETICOS EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2

ID : f3e9d2de80248c53a53399f57b3daaba1185bdc9



2%

Textos
sospechosos

Nombre del fichero : PATRICIO CURAY - NUTRI-AI ASISTENTE NUTRICIONAL INTELIGENTE CON RED NEURONAL PARA LA GENERACION ASISTIDA DE PLANES DIETETICOS EN PACIENTES CON DIABETES TIPO 2.txt
Tamaño del archivo original : 6,64 MB
Número de palabras : 16.029

Depositante : Emilio Delgado
Fecha de depósito : 16 de julio de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 17 de julio de 2026

TUTOR



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**MARCIA MARISOL
BAYAS SAMPEDRO**

Ing. Comp. Bayas Sampedro Marcia PhD.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Curay Soriano Patricio Jose

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales del presente trabajo de titulación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 18 días del mes de julio del año 2026

EL AUTOR



**Patricio Jose Curay
Soriano**



Patricio Jose Curay Soriano

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía espiritual, por haberme dado la fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, Elisa y Ernesto, quienes con sacrificios y consejos han sido el pilar fundamental en mi formación profesional y personal, gracias por creer en mí, por cada esfuerzo realizado para brindarme las mejores herramientas para salir adelante.

Mi más sincero respeto y profundo agradecimiento a la Ing. Comp. Bayas Marcia, PhD., por haberme guiado con paciencia y dedicación a lo largo de todo este proceso investigativo. Gracias por brindarme su tiempo, por sus valiosas observaciones, por su exigencia académica y por su apoyo incondicional en cada etapa del desarrollo de este proyecto.

Patricio Jose, Curay Soriano

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía espiritual, por haberme perseverancia para culminar esta etapa académica.

A mis padres, Elisa y Ernesto, y mis hermanas Caroline y Brigitte, pilares fundamentales de mi vida.

Al Rvdo. P. Joffre Enriquez, por sus palabras de aliento por recordarme siempre que la fe y el esfuerzo van de la mano.

A Sergio, Robert, Leidy y Andy quienes conforman el grupo de trabajo de secretaria de la Parroquia San Rafael Arcángel, por su paciencia y apoyo durante este proceso y por entender mis ausencias.

A Sheyla Enriquez, por su apoyo, compañía y por estar presente en aquellos momentos en los que el estrés y el cansancio parecían apoderarse de todo; gracias por regalarme una sonrisa cuando más la necesitaba y por hacer más llevadero este camino.

A Bella, Luna y Alaska, mis fieles compañeras que en cada noche de tarea me acompañaban con su presencia

Patricio Jose, Curay Soriano

ÍNDICE GENERAL

TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
DECLARO QUE:	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
AUTORIZACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Descripción del Proyecto	7

1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Justificación	12
1.5 Alcance	14
1.6 Metodología del proyecto	15
1.6.1 Metodologías de investigación	15
1.6.2 Beneficiarios del proyecto	16
1.6.3 Variables	17
1.6.4 Análisis de recolección de datos	17
1.6.5 Preparación del dataset clinico	20
1.6.6 Preprocesamiento y preparación de datos	21
1.6.7 Arquitectura de la red neuronal	22
1.6.8 Validación comparativa de modelos bajo validación cruzada	28
1.7 Metodología de desarrollo	28
CAPÍTULO 2. PROPUESTA	31
2.1 Marco Contextual	31
2.2 Marco conceptual	32
2.2.1 Signos Vitales	32
2.2.2 Variables antropométricas	34

2.2.3 Indicadores bioquímicos	34
2.2.4 Hábitos alimentarios	35
2.2.5 Protocolo Pam	36
2.2.6 Dieta terapéuticos	36
2.2.7 Dieta Hipocalórica	36
2.2.8 Control glucémico	38
2.2.9 Dieta HipoGrasa	39
2.2.10 Dieta Normocalórica	39
2.2.11 Redes neuronales artificiales	40
2.2.12 Tensorflow	40
2.2.13 Aplicación Híbrida	40
2.2.14 Aplicación móvil	40
2.2.15 Ionic Framework	41
2.2.16 Visual studio code	41
2.2.17 Xampp	41
2.2.18 Docker	41
2.3 Marco teórico	42
2.3.1 DM-ASSIST Desarrollo de una aplicación móvil para el control de pacientes diabéticos del Hospital Universitario Nacional de Colombia	42
2.3.2 Desarrollo de un modelo de red neuronal para la detección de la diabetes tipo 2	42

2.3.3 Desarrollo de prototipo de aplicativo móvil de control de salud para personas con diabetes	43
2.4 Requerimientos	44
2.4.1. Requerimientos funcionales	44
2.4.2 Requerimientos no Funcionales	48
2.5 Componentes de la propuesta	49
2.5.1 Arquitectura del sistema	50
2.5.2 Diagramas de caso de uso	51
2.5.3 Modelado de Datos	58
2.6 Diseño de interfaces	62
2.7 Pruebas	77
2.8 Resultados	87
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Arquitectura de la red neuronal	24
Tabla 2 Hiperparámetros de la red neuronal	26
Tabla 3 Comparación mediante validación cruzada estratificada	28
Tabla 4 Valores de frecuencia cardiaca en reposo[79]	33
Tabla 5 Valores de saturación de oxígeno[82]	34
Tabla 6 Valores de niveles de glucosa[90]	35
Tabla 7 Alimentos aconsejados y desaconsejados[108]	38
Tabla 8 Macronutrientes[108]	38
Tabla 9 Índice glucémico[112]	39
Tabla 10 Requerimientos funcionales - Módulo de autenticación	44
Tabla 11 Requerimientos Funcionales - Módulo de perfil.	45
Tabla 12 Requerimientos Funcionales - Módulo Plan Nutricional	45
Tabla 13 Requerimientos Funcionales - Módulo de Seguimiento de Salud	45
Tabla 14 Requerimientos Funcionales - Módulo de Comunicación Medica	45
Tabla 15 Requerimientos Funcionales - Módulo de Gestión de Paciente	46
Tabla 16 Requerimientos Funcionales - Módulo del Plan Nutricional	47
Tabla 17 Requerimientos Funcionales - Módulo del Seguimiento Clínico	47
Tabla 18 Requerimientos Funcionales - Módulo de enfermería	47
Tabla 19 Requerimientos Funcionales - Módulo de administración	48
Tabla 20 Requerimientos Funcionales - Módulo Configuración del Sistema	48
Tabla 21 Requerimientos Funcionales - Módulo Reporte de Sistema	48
Tabla 22 Requerimientos no funcionales - Escenario Aplicación Movil	49
Tabla 23 Requerimientos no funcionales - Escenario Aplicación Web	49

Tabla 24 Caso de uso general del sistema	52
Tabla 25 Caso de uso autenticación	53
Tabla 26 Caso de uso red neuronal	55
Tabla 27 Caso de uso gestión de paciente	57
Tabla 28 Caso de uso gestión de administración	58
Tabla 29 Caso de prueba - Ingreso al sistema	78
Tabla 30 Caso de prueba - registro de paciente	81
Tabla 31 Caso de prueba Gestión de pacientes del médico	83
Tabla 32 Caso de Prueba - Gestión administrativa	85
Tabla 33 Distribución de clase por perfil dietético	87
Tabla 34 peso de balanceo de clase para el entrenamiento	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Plato para comer saludable[32]	8
Ilustración 2 Respuesta de la pregunta 5 - Encuesta	19
Ilustración 3 Respuesta de la pregunta 12 - Encuesta	19
Ilustración 4 Ilustración 3 Flujo de datos del sistema Nutri-AI. Entrada: variables clínicas → Preprocesador (StandardScaler + OneHot) → MLP [64→32→4] → Softmax → Perfil dietético	27
Ilustración 5 Incrementos de desarrollo	30
Ilustración 6 Arquitectura del sistema	50
Ilustración 7 Diseño del modelado de dato	60
Ilustración 8 Modelo de base de datos	61
Ilustración 9 Proceso del diseño de la interfaz usuario	62
Ilustración 10 Diseño de interfaz web de Inicio de Sesión	63
Ilustración 11 Diseño de interfaz móvil de Inicio de Sesión	64
Ilustración 12 Ilustración 8 Diseño de interfaz de registro	65
Ilustración 13 Interfaz de pantalla de Inicio sesión	66
Ilustración 14 Interfaz edición de perfil	66
Ilustración 15 Interfaz de registro general parte 1	67
Ilustración 16 Interfaz de registro general parte 2	67
Ilustración 17 Interfaz principal del médico	68
Ilustración 18 Interfaz principal gestión de pacientes	68
Ilustración 19 Interfaz de consulta del paciente	69
Ilustración 20 Interfaz del perfil nutricional	69
Ilustración 21 Interfaz del plan nutricional	70

Ilustración 22 Interfaz principal de enfermería	70
Ilustración 23 Interfaz de registro de enfermería	71
Ilustración 24 Registro de datos básicos del paciente	71
Ilustración 25 Registro de signo vitales del paciente	72
Ilustración 26 Registro de información antropométricas del paciente	73
Ilustración 27 Registro de información metabólicas	73
Ilustración 28 Interfaz de administrador	74
Ilustración 29 Interfaz personal	74
Ilustración 30 Interfaz de pacientes registrados	75
Ilustración 31 Interfaz de informes globales del sistema	75
Ilustración 32 Interfaz principal de paciente	76
Ilustración 33 Interfaz principal de paciente	76
Ilustración 34 Interfaz principal de ver el plan en paciente	77
Ilustración 35 Caso de Prueba - interfaz web	86
Ilustración 36 Métricas de clasificación por perfil dietético	88
Ilustración 37 Matriz de confusión del modelo	89
Ilustración 38 Análisis de concurrencia para el inicio de sesión	90
Ilustración 39 Solicitud de autorización por parte de la UPSE	113
Ilustración 40 Solicitud por parte del estudiante	114
Ilustración 41 Evaluación de la interfaz por parte del nutrióloga	115

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño de una plataforma informática Nutri-AI, un asistente nutricional basado en una red neuronal supervisada de tipo Perceptrón Multicapa para la clasificación automática de perfiles dietéticos en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 bajo el protocolo PAM. Bajo una investigación mixta se recolectaron 39,397 registros clínicos del Hospital Liborio Panchana Sotomayor. Se diseñó una red neuronal con arquitectura de 64, 32, 16, 4 neuronas utilizando Tensorflow 2.15. La plataforma se desarrolló con metodología incremental, integrando una aplicación web para los profesionales de la salud y móvil para los pacientes. También se diseñó la base de datos relacional y una arquitectura de microservicios. El modelo alcanzó un total de exactitud de 99.59% clasificando correctamente los perfiles dietéticos: hipocalórico, control glucémico, hipo-grasa y normocalórico. Esta propuesta ayudará a optimizar los tiempos de generación de planes nutricionales sin reemplazar el criterio clínico del especialista.

Palabras claves: red neuronal, diabetes tipo 2, perfiles dietéticos.

ABSTRACT

This work presents the design of an IT platform called Nutri-AI, a nutritional assistant based on a supervised Multilayer Perceptron neural network for the automatic classification of dietary profiles in patients with type 2 diabetes mellitus under the PAM protocol. Through mixed research, 39,397 clinical records were collected from Hospital Liborio Panchana Sotomayor. A neural network was designed with an architecture of 64, 32, 16, and 4 neurons using TensorFlow 2.15. The platform was developed using incremental methodology, integrating a web application for healthcare professionals and a mobile application for patients. A relational database and microservices architecture were also designed. The model achieved a total accuracy of 99.59%, correctly classifying the dietary profiles: hypocaloric, glycemic control, low-fat, and normocaloric. This proposal will help optimize the time required to generate nutritional plans without replacing the specialist's clinical judgment.

Keywords: neural network, type 2 diabetes, dietary profiles.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito tecnológico, se busca fortalecer los sistemas en el área de la salud, posicionando a las tecnologías de la información como una estrategia para optimizar procesos clínicos y salud digital[1]. Ayudando que los niveles de atención médica, puedan funcionar como núcleo de un sistemas más amplio dando nuevos paradigmas en el área de la salud[2], [3]. No obstante, el impacto positivo de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) en la salud aun enfrenta brechas estructurales, derivadas a la necesidad de contar con personal capacitado[4]. La incorporaciones de Ti no busca automatizar tareas administrativas sino transformar la práctica médica [5].

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el uso de estos sistemas facilitan la comunicación y el proceso de transmisión de información[6]. El Dr. Tedoros Adhanom, Director General de la OMS destaca que las tecnologías digitales ofrecen oportunidades de mejoras para la salud[7], aportando soluciones innovadoras tanto para el personal sanitario como para los usuarios. A nivel global, facilita el desarrollo integral de las personas, ya que influyen en las capacidades físicas, cognitivas y emocionales[8], mejorando la calidad de vida y reduciendo las enfermedades catastróficas.

El incremento de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son aquellas que son causadas por una infección aguda. Son de larga duración y progresión generalmente lenta, asociadas a factores genéticos, fisiológicos, conductuales y ambientales[9]. Convirtiéndose en un elemento clave en los sistemas de salud. Dentro de estas patologías encontramos la diabetes que resalta por su prevalencia e impacto en la condición del paciente[10]. Se destaca por tener hábitos pocos saludables incrementando riesgos metabólicos y cardiovasculares.

La diabetes mellitus se caracteriza por tener hiperglucemia crónica, con alteraciones de mayor o menos medida en el metabolismo de hidratos de carbono, proteínas y lípidos[11]. Para detectarla se realizan exámenes de rutinas en personas asintomáticas y sintomatología como poliuria, polidipsia y polifagia, confirmando el diagnóstico en las glicemias elevadas[12]. En este grupo de enfermedades encontramos diabetes mellitus tipo 1, diabetes mellitus tipo 2, diabetes gestacional.

Este trabajo se trata de la diabetes mellitus tipo 2 que a nivel mundial refleja el 90% de

los casos[13]. Según la federación internación de diabetes se estimula que haya un total de 588 millones de personas que representan esta patología. Lo que en proyección para el 2050 tendría un 11,1% llegando a 852 millones de afectados[14]. Llamando la atención por el creciente impacto en todo el mundo, adoptando ayudas con urgencia para combatirlas.

Para el control de la diabetes, se debe tener un plan alimenticio individualizado que se distribuye según los carbohidratos y grasas[15]. Se debe realizar una dieta ajustada, eliminando contenidos de azúcares y harina, aumentando el consumo de verduras y cereales[16]. Los planes ayudan a controlar los niveles de azúcares en la sangre, el peso, presión arterial y el nivel elevado de grasas en la sangre[17].

En los procesos tradicionales de elaboraciones manuales de planes alimenticios dietéticos ver anexo 2, implica un consumo de tiempo y herramientas tecnológicas que ayuden en la gestión y análisis de datos clínicos. Al incorporar sistemas inteligentes que ayuden en los procesos de análisis de datos clínicos. Puede mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en los servicios de la salud[18]. La inteligencia artificial es una ayuda optima ya que estudios demuestran su eficiencia en el área de la salud, previniendo casos con personas[19]. Optimizando los servicios mediante procesamientos de volúmenes grandes de información adquiriendo capacidades de reconocimiento de patrones desde el diagnostico medico[20].

En el trabajo que realizaron en la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota, Colombia, abordaron el tema de red neuronal para la prescripción de dietas alimenticias, se empleó el aprendizaje supervisado controlado por un agente externo [21]. Determina la prescripción nutricional, la entrada de datos se determina en la patología del paciente, crea el plan nutricional de manera general pero no para diabéticos.

En este contexto se desarrolló un asistente nutricional inteligente con red neuronal para la generación asistida de planes dietéticos en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Este permitirá analizar variables clínicas del paciente, con el fin de que identifique patrones que puedan facilitar la clasificación de perfiles dietéticos, usando técnicas de aprendizaje automático que optimicen el proceso de planes alimenticios, reduciendo la intervención manual médica y mejorando la precisión en recomendaciones, esta propuesta contribuye al fortalecimiento de la atención medica por medio de herramientas tecnológicas que

ayuden a la toma de decisiones al profesional.

Por eso este proyecto tiene como objetivo desarrollar un asistente nutricional inteligente (Nutrí-AI) basado en una red neuronal supervisada que clasifique perfiles dietéticos personalizados (4 clases) en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 como soporte a la generación asistida bajo el protocolo PAM. La implementación de este proyecto mejorara el proceso de la creación de planes y mejorara la eficiencia en la atención clínica, integrando tecnologías de la información en la salud, aportando a la innovación de procesos de atención nutricional.

El presente documento está dividido en dos capítulos. En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema, definiendo los objetivos que en el proceso de deben cumplir, de igual manera se justifica el problema existente y se define el alcance del proyecto, se definen las metodologías de investigación y desarrollo utilizadas. Se presenta los beneficiaron del proyecto y el análisis de la recolección de datos. En el segundo capítulo se describe el marco teórico, contextual y el marco conceptual, en el cual se establecen las bases del desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN

1.1 Antecedentes

En el mundo mantener un estilo de vida saludable junto a una dieta balanceada se ha convertido en un factor clave[22]. Una alimentación desbalanceada a largo plazo puede conllevar a un estado de desnutrición, generando un desequilibrio en el sistema inmunológico por los nutrientes que el organismo necesita[23]. Impacta particularmente en la población adulta, donde se incrementa la posibilidad de desarrollar enfermedades catastróficas, que comprometen la calidad de vida, el desarrollo adecuado de los órganos y la integración social, además la malnutrición esta entrelazada comúnmente con la insuficiente alimentación nutricional, la desinformación y la adopción de hábitos poco saludables[24].

Las enfermedades catastróficas(EC) son aquellas que conllevan a una evolución prolongada pueden ser graves y mortales, representando un alto impacto familiar implicando riesgos financieros[25]. En este grupo de enfermedades se encuentra la diabetes que requiere un control riguroso y continuo para evitar complicaciones severas. Al no llevar el control de la diabetes es decir a la desinformación nutricional y la adopción de hábitos no saludables, desencadenan complicaciones que pueden ser cardiopatías, accidentes cerebrovasculares, insuficiencia renal y neuropatías que comprometen la calidad de vida del paciente[26].

A nivel mundial, la diabetes mellitus es considerada una enfermedad que tiene mayor impacto de mortalidad, según los estudios epidemiológicos en el año 2021[10]. La diabetes causo un total de 1,6 millones de muertes a causa de altas concentraciones en la glucosa[27]. Esta alarmante carga de salud no es ajena a la realidad ecuatoriana la cual evidencia cifras preocupantes que se ve reflejada a escala nacional. Donde la tasa de mortalidad en el Ecuador a causa de la diabetes mellitus es de 29,18 en personas entre 20 a 79 años[28].

La diabetes mellitus representa un desafío creciente para los sistemas de salud pública, particularmente en países en desarrollo como Ecuador, donde se ven diversos factores de riesgos asociados al entorno sociocultural, económico y geográfico[29]. Se identifica la necesidad de herramientas tecnológicas que apoyen al proceso de planificación nutricional, sin sustituir el criterio clínico, donde la estandarización de planes dietéticos

y la dificultad para monitorear la adherencia del paciente reducen significativamente la efectividad de las intervenciones clínicas.

En la provincia de Santa Elena En base a estas limitaciones identificadas en los procesos tradicionales, las redes neuronales representan una alternativa viable. La documentación revisada sobre modelos de red neuronal para la detección de la diabetes tipo 2 demuestra que estas arquitecturas son una vía efectiva para abordar problemas complejos[30], la arquitectura Perceptron multicapa utilizada en dicha investigación evidenció una alta precisión con eficiencia operativa. Estos sistemas considerados inteligencias artificiales basados en Deep learning demuestran la capacidad de analizar múltiples variables clínicas, generando recomendaciones personalizadas para la diabetes tipo 2, gracias a la disponibilidad de frameworks facilita la implementación de estas soluciones en entornos clínicos reales como el “Hospital Liborio Panchana Sotomayor”.

Problema Científico

Muchos consultorios de nutrición aun dependen de registros y métodos manuales poco eficientes para la elaboración de planes de nutrición personalizados. Esta situación se agrava por la constante demanda de los nuevos usuarios, lo que evidencia la necesidad de integrar nuevas soluciones en el que se ve incluida la tecnología con el fin de la optimización de estos procesos. Recalcando que la diabetes tipo II en el mundo se la considera como una de las enfermedades catastrófica que requiere un constante seguimiento y control por que puede perjudicar el estilo de vida actual de la persona. Según la organización mundial de la salud (OMS) en el transcurso del tiempo se evidenció un índice en el aumento de personas que padecen esta enfermedad, resaltando que entre el año 1990 al 2020 aumento con un rango de 630 millones de personas en los países de bajo ingreso[31].

En el “Hospital Liborio Panchana Sotomayor” ubicado en el cantón Santa Elena, presta servicios al público en general especialmente a los pacientes con diabetes tipo 2 que busca mejorar su vida, enfocándose en la elaboración de planes nutricionales personalizados fundamentados con el protocolo PAM, que ayude al control metabólico y promover hábitos alimentarios. Sin embargo, el proceso tradicional de elaboración de planes nutricionales presenta muchas limitantes entre las que destacan:

- a. La elaboración manual de planes nutricionales personalizados demanda entre 2 a

3 días por paciente de acuerdo con sus necesidades, lo que reduce la cantidad de atenciones diarias y genera tiempos de espera muy prolongados para los nuevos pacientes.

- b. La ausencia de herramientas computacionales que permita poder estructurar y procesar la información clínica del paciente para apoyar el razonamiento nutricional
- c. La falta de un modelo computacional basado en inteligencia artificial, entrenado con un dataset real de datos clínicos, que permita realizar la clasificación automatizada de perfiles dietéticos conforme a los criterios del especialista y dieto terapéuticos

El problema central no solo se limita en la demora operativa de la generación de planes nutricionales, sino principalmente a la ausencia de un modelo computacional basado en redes neuronales que permita clasificar los perfiles dietéticos a partir de variables clínicas reales que sean alineadas al protocolo PAM, limitando el aprovechamiento de datos clínicos disponibles para apoyar las decisión nutricionales dificultando la estandarización del razonamiento nutricionales en los pacientes con diabetes mellitus tipo 2.

1.2 Descripción del Proyecto

El objetivo de este proyecto es el desarrollo y validación de un modelo de red neuronal supervisada, entrenado con datos clínicos reales de pacientes con diabetes mellitus tipo 2, que se evidenciará mediante la plataforma Nutri-AI que permitirá la generación gestionada por inteligencia artificial integrando redes neuronales para la generación de planes nutricionales, optimizando los procesos actuales que requieren por paciente de manera manual. El sistema se alimentará de una base de datos histórica de pacientes con diabetes tipo 2, que servirá como dataset para entrenamiento de la red neuronal. Permitiendo que el modelo de TensorFlow con su api Keras vaya aprendiendo patrones entre los parámetros clínicos del paciente y los planes nutricionales sean más efectivos, mejorando mediante aprendizaje supervisado. En la ilustración 1 se establece como debe estar compuesto el plato de comida, se divide por vegetales, carbohidratos y proteínas para mantener un equilibrio adecuado en los diferentes planes nutricionales, sirviendo como guía nutricional para garantizar que los planes cumplan con los estándares validados para pacientes con diabetes.



Ilustración 1 Plato para comer saludable[32]

Para lograr estos objetivos, el proyecto mantiene un enfoque estructural de 6 fases

Fase 1: Análisis de requisitos

- Identificar los requerimientos del sistema tanto funcional como no funcionales
- Analizar los procesos de gestión de planes nutricionales en pacientes con diabetes mellitus 2
- Recolectar datos clínicos de pacientes provenientes del hospital
- Definir los perfiles dietéticos

Fase 2: Diseño del sistema

- Diseño de la arquitectura del sistema frontend, backend y modelo
- Diseño de la base de datos relacional
- Diseño de la arquitectura de la red neuronal
- Diseño de las interfaces

Fase 3: Preparación y procesamiento de datos

- Limpieza y transformación de los datos clínicos
- Etiquetación de perfiles nutricionales
- Identificación de patrones relevantes

Fase 4: Desarrollo del modelo de inteligencia artificial

- Desarrollar el módulo de la red neuronal usando tensorflow
- Configuración de capas densas y técnicas dropout
- Entrenamiento del modelo con datos clínicos

Fase 5: Desarrollo de la plataforma

- Desarrollo del frontend con angular e ionic
- Desarrollo del backend con node.js
- Desarrollar los módulos del sistema según los roles
- Integración del modelo de IA a la plataforma

Fase 6: Pruebas

- Pruebas de integración del sistema
- Validación del modelo de IA

Para asegurar la calidad del sistema, se implementarán protocolos de seguridad como cifrado de datos sensibles (ej. AES-256), autenticación basada en tokens JWT y cumplimiento de normativas de protección de datos de salud. La metodología de desarrollo incremental permitirá iteraciones rápidas, priorizando módulos críticos como la generación de planes y el seguimiento de pacientes, con validación continua mediante pruebas unitarias, de integración y de rendimiento del modelo de IA.

En el desarrollo de esta plataforma informática se ha contemplado 14 módulos, los cuales están divididos por módulo general y módulo por roles. En los módulos generales se tiene módulo de autenticación, módulo de perfil y reportes.

Módulo de autenticación:

- Registro de paciente en la aplicación móvil
- Registro del especialista en la aplicación web
- Registro de la enfermera en la aplicación web
- Inicio de sesión
- Recuperación de usuario y contraseña

Módulo de perfil del usuario

- Editar información del usuario
- Actualizar contraseña

Módulo de reportes

- Reporte total de consultas para el medico
- Reporte total de pacientes para el medico
- Visualización de los planes nutricionales para el paciente
- Reporte de usuarios pacientes registrados para el administrador
- Reporte de usuarios médicos registrados para el administrador
- Reporte del rendimiento del sistema para el administrador

En el rol del paciente tiene 3 módulos que son módulos del plan nutricional personalizado, módulo de seguimiento de salud y módulo de comunicación médica.

Módulo del plan nutricional

- Visualización del plan generado por la red neuronal
- Registro diario de adherencia al plan
- Historial de planes nutricionales asignados

Módulo de seguimiento de salud

- Visualización del peso y medidas antropométricas
- Visualización de síntomas
- Visualización de niveles de glucosa

Módulo de comunicación medica

- Contactar al médico por medio de WhatsApp
- Chat directo

En rol medico tiene 3 módulos

Módulo de gestión de pacientes

- Listado de pacientes y búsqueda
- Información clínico completo por pacientes
- Registro de parámetros diabéticos
- Clasificación por nivel de riesgo glucémico

Módulo de generación de planes nutricionales

- Interfaz con red neuronal para generación automática

- Validación y ajuste de planes generados por IA
- Parametrización de variables clínicas para el modelo

Módulo de seguimiento clínico

- Dashboard de progreso y adherencia de pacientes
- Notificaciones informativas por valores fuera de rango
- Análisis funcional de planes nutricionales
- Reportes de historial de registros

Rol administrador tiene 3 módulo

Módulo de administración

- Registro de médicos
- Edición de usuarios

Módulo de configuración del sistema

- Configuración de parámetros de la red neuronal
- Gestión de variables clínicas y rangos
- Configuración de alertas y notificaciones
- Parámetros de planes nutricionales

Módulo de reportes

- Reportes de uso de la plataforma
- Estadística de efectividad de la IA

Rol asistente médico o enfermera

- Registro de información básica del paciente
- Registro de información antropométrica del paciente

Para el desarrollo de la plataforma informática en el frontend se implementará Angular con Ionic, mientras que, en el backend, se usará Node.js, para la ejecución de los servicios escalables[32]. La gestión de datos se gestionará con Mysql, como base de datos relacional almacenando los datos en tablas separadas[33]. La integración de estas redes neuronales unidas con tensorflow y Keras permitirá realizar planes nutricionales automáticos personalizados para personas con diabetes tipo 2.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un asistente nutricional inteligente (Nutrí-AI) basado en una red neuronal supervisada que clasifique perfiles dietéticos personalizados (4 clases) en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 como soporte a la generación asistida bajo el protocolo PAM.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir los criterios clínicos, dieto terapéuticos y los perfiles dietéticos (4 clases) bajo el protocolo PAM.
- Preparar el dataset clínico histórico depurado mediante técnicas de limpieza, codificación y partición reproducible.
- Diseñar la arquitectura del modelo de la red neuronal supervisada para la clasificación multiclase, incluyendo criterios de selección y configuración de hiperparámetros.
- Entrenar el modelo diseñado y evaluar su desempeño mediante métricas de clasificación matriz de confusión, precisión y recall.
- Desarrollar la plataforma Nutrí-AI como asistente nutricional inteligente que soporte el flujo PAM para la generación asistida de planes dietéticos en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.
- Integrar el modelo en la plataforma Nutrí-AI alineado a PAM, incorporando trazabilidad y validación del nutriólogo de coherencia clínica y factibilidad.

1.4 Justificación

El proyecto se basa en la necesidad de modernizar la atención nutricional para pacientes con diabetes tipo 2 en el Hospital Liborio Panchana Sotomayor, donde los métodos tradicionales evidencian serias limitaciones especialmente en el área de nutrición. Según los datos mostrados por la federación internacional de diabetes[34], se evidencia que, en los países de América del sur, especialmente en Ecuador, existe una de las tasas más altas de diabetes, con un porcentaje de 4,9% de la población adulta de 20 a 79 años. Esta realidad sugiere la implementación de ideas innovadoras y escalables basadas en la tecnología.

Según la entrevista realizada (ver anexo 1) se confirma que la elaboración de planes

nutricionales consume entre 2 a 3 días por paciente, lo que genera retrasos críticos en la atención y limitando la capacidad de respuesta en el servicio médico. La ausencia de modelos computacionales especializados limita la clasificación de los perfiles dietéticos y retrasa el proceso de planificación nutricional por lo que se identifica y en base a la necesidad implementar una solución informática que realice la generación asistida de planes nutricionales como barrera fundamental para la organización y trazabilidad del proceso nutricional. Un estudio publicado en scienceDirect con título Diabetes detection using deep learning techniques with oversampling and feature augmentation[35], detalla que las redes neuronales pueden incrementar el nivel de precisión en un 3,17% en la detección de diabetes, lo que valida el potencial de las arquitecturas de Deep learning como herramientas de apoyo en el sector de salud integral.

Desde la perspectiva tecnológica, la integración de una aplicación web con interfaz móvil representa una evolución natural en la gestión de servicios de salud. Según Palma y Garzón et al. (2020) “Una de las herramientas más eficientes para las empresas han sido las aplicaciones móviles porque facilita la vida de los usuarios. Además, promueve que exista mejor interconectividad, junto a obtener una mejor experiencia en la adquisición de productos y servicios”[36], por lo que en la actualidad dichas herramientas permiten mejorar cada proceso de gestión en cualquier área que se las implemente. De esta manera, la propuesta no solo busca dar solución a las limitantes existentes que son cada vez más notorias, también busca aprovechar la era tecnológica convirtiéndola en una herramienta aliada en el área de nutrición.

La propuesta Nutri AI se distingue por integrar redes neuronales de aprendizaje supervisado con la metodología PAM, permitiendo la clasificación de perfiles dietéticos y la generación asistida de planes nutricionales que se generan mediante la aplicación sean lo más preciso posible, manteniendo el rigor técnico y metodológico ya que se debe mantener la coherencia técnica del plan generado bajo criterios dieto terapéuticos, dando como resultados la reducción de los tiempos de elaboración de los planes nutricionales personalizados y la coherencia técnica del plan generado, sin sustituir el criterio profesional del nutricionista. Según Albertino y Riente et al. (2024) “las herramientas digitales o aplicaciones con el pasar del tiempo han logrado beneficios significativos en el área de la salud y a los pacientes, por lo que, al monitorear constantemente y llevar a cabo un seguimiento de cada dieta, actividad física y el progreso se logra alcanzar los

objetivos de salud y así evitar cualquier tipo de falencias en sus ingestas diarias”[37], en este trabajo, los beneficios se abordan desde la organización del proceso nutricional y la disponibilidad estructurada de datos sin evaluar resultados clínicos directos.

Según el plan Nacional de Desarrollo 2025-2029 Ecuador no se detiene, el proyecto propuesto se encuentra alineado con el Eje Social, específicamente con el objetivo de Salud Integral[38], Con el cual busca garantizar el derecho a la salud mediante la promoción de estilos de vida saludables, prevención de enfermedades y fortalecimiento de un sistema integrado y eficiente. La propuesta también responde a la política de innovación tecnológica en salud al incorporar herramientas de inteligencia artificial para la personalización de planes nutricionales en pacientes con diabetes tipo II, contribuyendo así a la reducción de las Enfermedades “No Transmisibles” (ENT) y al uso estratégico de tecnología para mejorar la calidad y accesibilidad de los servicios de salud en el país.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un asistente nutricional llamado Nutri-AI mediante redes neuronales orientado a la clasificación de perfiles dietéticos personalizados en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. Se toma como base fundamental un historial real clínico de paciente que padecen esta enfermedad. Permitiendo estructurar la información entre variables antropométricas, bioquímicas y hábitos alimenticios, que nos ayudara en la toma de decisiones nutricionales.

El modelo usa variables antropométricas y demográficas como edad, género, peso, talla, IMC, condición de diabetes que están disponibles en los registros clínicos, los marcadores bioquímicos como glucosa en ayunas, HbA1c, perfil lípido mejoraría la precisión clínica y constituye un trabajo a futuro cuando el hospital implemente un sistema de registro que capture sistemáticamente estas variables.

De hecho, en el diseño del sistema se lleva a cabo el desarrollo de la plataforma por una aplicación web dirigida a los profesionales de la salud y la aplicación móvil orientada a los pacientes, con sistema operativo Android y no IOS. La plataforma web podrá gestionar la información del paciente, el seguimiento de adherencia de los planes nutricionales asignados a cada paciente, visualización del plan nutricional y los registros de su salud que será realizado por la enfermera antes de pasar al especialista.

Componentes y limitaciones del alcance:

Aplicación en métodos estadísticos

Integración de la red neuronal:

- El modelado de la red neuronal se ha desarrollado utilizando Tensorflow y Keras e integrado dentro de la plataforma Nutri AI mediante el servicio backend. Permitiendo que a partir de la información registrada del paciente, el sistema procese dicha información y genere automáticamente la clasificación del perfil dietético correspondiente, dicho resultado será presentado al profesional de la salud en la aplicación web donde podrá ajustar, validar y aceptar la información realizada por el sistema antes de ser registrada al paciente.

Limitaciones:

- El modelado actual utiliza únicamente edad, género, peso, talla, imc y tiene diabetes debido a la disponibilidad de los datos. La inclusión de marcadores bioquímicos mejoraría la precisión clínica y constituye un trabajo futuro.
- No tiene como objetivo reemplazar el criterio medico sino como un apoyo a la toma de decisiones
- No se evaluarán resultados clínicos del paciente a largo plazo ya que nos enfocamos en el desempeño del modelo.
- La aplicación móvil será desarrollada únicamente para dispositivos Android, limitando el acceso en otros entornos.

1.6 Metodología del proyecto

1.6.1 Metodologías de investigación

En este proyecto en la elaboración de esta propuesta, se realizó una revisión preliminar de las fuentes primarias como revisión bibliográfica que nos permitió recabar información de trabajos sobre la diabetes, trabajos como artículos que nos hablan sobre el control de la frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno, temperatura corporal, hemoglobina glicosilada y glucosa en ayunas. Además, se definieron aspectos que son parte fundamental para entregar el plan que son los ejercicios que habitualmente realizan y su economía. Este tipo de investigación es de carácter no experimental[39], ya que no manipulamos las variables biológicas sino analizar información existente para el apoyo

de decisiones.

El enfoque metodológico que se realizó para esta investigación fue la investigación mixta, ya que consistió en la recopilación de la información, análisis e integración para la comprensión del problema de investigación[40]. Permitiendo el procesamiento de los datos clínicos con la información obtenida con la interacción directa con los profesionales de la salud y los pacientes, permitiendo que esta solución tecnológica responda a los criterios de rendimiento como estándares clínicos.

Para la investigación cualitativa, se procedió a realizar una información detallada que ayude a plantear la hipótesis a contrastar[41]. En este caso se realizaron entrevistas estructuradas dirigidas al doctor de medicina general que atiende a pacientes con diabetes ver Anexo 2 y al especialista encargado de la nutrición en el Anexo 3 y a su equipo de enfermería ver Anexo 1. Permitiendo mapear el flujo de la atención al paciente, identificando criterios clínicos y definiendo los requerimientos funcionales del sistema. También se procedió a realizar encuesta dirigidas a los pacientes tener en cuenta los criterios de usabilidad de la herramienta. esta muestra no interviene en el entrenamiento del modelo, sino exclusivamente en la validación funcional y clínica del prototipo.

Se procedió a realizar el método de investigación cuantitativa[42]. En este caso nos permitió sustentar el procesamiento estadístico para la fase del modelado correspondiente al año 2023-2024 del Hospital Liborio Panchana Sotomayor. Estos datos corresponden a un total de 54.209 registro de los cuales 4,804 corresponden a pacientes que fueron diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2 y 49,405 pacientes considerados sanos. Los parámetros incluidos fueron los siguientes: IMC, glucosa y HbA1c, de los cuales servirán para el entrenamiento y validación del algoritmo de clasificación. Estos registros fueron sometidos a un filtrado y depurados para el apoyo de clasificación de perfiles dietoterapéuticos, no se recopilaron datos personales identificables, se garantizó el anonimato y los resultados se presentan únicamente de forma agregada, cumpliendo con los principios de protección de datos establecidos por la normativa institucional vigente.

1.6.2 Beneficiarios del proyecto

El desarrollo de un asistente nutricional inteligente mediante una red neuronal tiene un impacto significativo en el ámbito de la salud y en la investigación tecnológica. Los principales beneficiarios del proyecto pueden ser:

Pacientes: Personas que tiene la enfermedad de diabetes mellitus tipo 2, que necesiten planes dietéticos de manera rápida y eficiente. Los usuarios podrán visualizar sus planes dietéticos, ver su monitoreo de salud que será registrado cada vez que va al hospital como sus niveles de glucosa y peso corporal. Permitiendo mejorar y tener el control de su enfermedad y fomentar hábitos saludables.

Profesionales de la salud: porque el beneficio es la optimización del proceso de elaboración de planes nutricionales. Este sistema actuara como la herramienta de apoyo en la toma de decisiones, porque proporcionara la clasificación automática de perfiles dietéticos, además de gestionar la información del paciente y tener el sistema estructurado bajo el protocolo PAM.

La comunidad: el beneficio será la incorporación de herramientas tecnológicas en el sector de la salud, promoviendo el uso de la inteligencia artificial y el control de enfermedades crónicas no transmisibles.

1.6.3 Variables

En el presente proyecto se identificaron las siguientes variables antropométricas que incluye peso, talla, índice de masa corporal y la circunferencia de la cintura permitiendo evaluar el estado nutricional del paciente, las variables bioquímicas que son los niveles de glucosa en ayunas, glucosa postprandial y hemoglobina glicosilada que es parte fundamental del metabolismo del paciente y por ultimo los hábitos y condiciones del paciente, como actividad física, preferencias alimentarias y situación económica. Las variables bioquímicas y de estilo de vida se registran en el sistema para fines clínicos y seguimiento, pero no forman parte del vector de entrada del modelo de IA por limitaciones de completitud en los datos históricos.

1.6.4 Análisis de recolección de datos

Para la recolección de datos se llevó a cabo un muestreo por conveniencia ya que la población a ser evaluada es grande y es extremadamente rápida[43]. Donde se realizó entrevistas a un especialista en realizar planes dietéticos para pacientes con diabetes, a una doctora de medicina general, una enfermera y pacientes que son atendidos dentro de este hospital.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a tres factores claves, una enfermera ver

anexo 1, una medica en medicina general ver anexo 2 y una especista en nutrición en pacientes con diabetes ver anexo 3. El objetivo de estas entrevistas nos permitió caracterizar el proceso de atención al paciente, identificar las variables clínicas importantes y validar el protocolo PAM ver anexo 3 a usar en esta investigación para la elaboración de planes nutricionales. El protocolo PAM se basa en la evaluación inicial del paciente, el fortalecimiento de la enfermedad y provisión de herramientas en la atención.

En la encuesta dirigida a la enfermera como se muestra en el Anexo 1, se pudo considerar que funcionalidad esencial es importante en el uso de la plataforma de asistencia, en la pregunta ¿Qué funcionalidades consideraría esenciales en una plataforma web para gestión de historiales clínicos de pacientes diabéticos? Respondió el registro adecuado de datos antropométricos como; Peso habitual, peso actual, edad, también antecedentes patológicos personales, antecedentes patológicos familiares, antecedentes de cirugía, datos bioquímicos, un registro fotográfico de las comidas, visualizaciones de la evolución del paciente, donde se pueden hacer reportes, recordatorios o alertas, asegurando la información clínica.

Por último, se seleccionó una muestra de 20 pacientes activos del consultorio de nutrición del Hospital Liborio Panchana Sotomayor de una población de 50.578 pacientes, y se les aplicó una encuesta enfocada con el propósito de poder identificar las características en relación con sus preferencias nutricionales, su perspectiva sobre las herramientas digitales y criterios de aceptación de una aplicación con inteligencia artificial.

A continuación, se presenta un análisis detallado de las preguntas que fueron realizadas, cuyos datos fueron tabulados y procesados para su correcta interpretación. Este análisis permitir evaluar de manera objetiva la viabilidad del proyecto, la opinión de los beneficiaros del proyecto, destacando las necesidades dietéticas más comunes de los usuarios y su nivel de apertura hacia la tecnología, factores fundamentales para el diseño y desarrollo de la solución propuesta. Cada una de las preguntas cuentan con una gráfica estadístico representativo, cantidad de respuestas, porcentajes y división por color. También se realizó su respectivo análisis objetivo como método de verificación y contraste de la información. Esto permite justificar el diseño de la herramienta, asegurando que la solución final responda con precisión a las necesidades de la muestra.

¿Alguna vez has utilizado una aplicación móvil relacionada con la nutrición para el control de la dieta?

5. ¿Alguna vez has utilizado una aplicación móvil relacionada con la nutrición para el control de la dieta?

21 respuestas

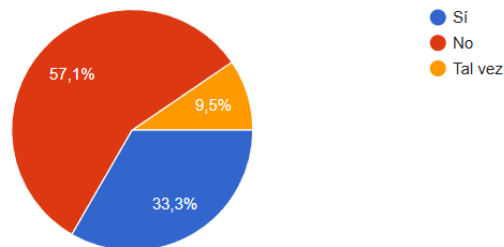


Ilustración 2 Respuesta de la pregunta 5 - Encuesta

Análisis: considerando que la mayor cantidad de respuesta fue que no, se presenta un área de oportunidad para cubrir esta necesidad, a continuación, se presenta la importancia de que un consultorio implemente herramientas digitales

¿Qué tan importante te parece que un consultorio de nutrición implemente herramientas digitales para mejorar la atención y seguimiento de los pacientes?

12. ¿Qué tan importante te parece que un consultorio de nutrición implemente herramientas digitales para mejorar la atención y seguimiento de los pacientes?

21 respuestas

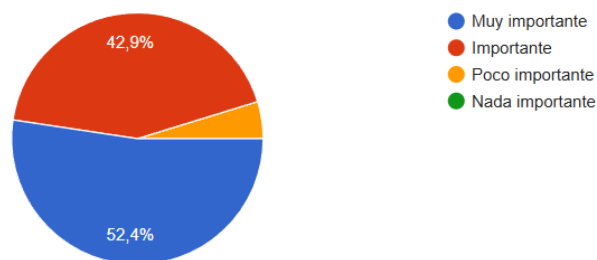


Ilustración 3 Respuesta de la pregunta 12 - Encuesta

Análisis: considerando que la mayor cantidad de respuesta muy importante 52,4 se evidencia que parte de los encuestados acepta que haya una implementación de herramientas digitales considerando que estas herramientas tienen relevancia para mejorar la atención y el seguimiento de los pacientes.

1.6.5 Preparación del dataset clinico

En los datos usados para el entrenamiento del modelo de la red neuronal, se realizó mediante un dataset que parten de registro clínicos del Hospital Liborio Panchana Sotomayor, que corresponden de los periodos 2023 y 2024. Como base inicial se tiene 54.209 registros que incluyen variables demográficas, antropométricos, bioquímicas y de tratamiento.

Para realizar esta limpieza de datos y la extracción de los datos, se desarrolló un pipeline en Python usando las bibliotecas instaladas pandas y numpy. Se unificaron las variables de las diferentes fuentes de datos, homologando nombres de columnas y formatos de almacenamiento, luego se realizó la limpieza de registros mediante la conversión de variables numéricas, normalización de valores categóricos y eliminación de campos irrelevantes.

Como resultado se obtuvo un total de datos de 54.209 registros, se realizó un filtrado de datos a personas menos de 18 años obteniendo un total de 39.397. Cada registro ingresado fue evaluado con el algoritmo para identificar pacientes con DM2 basado en criterios clínicos estandarizados código CIE-10: E-10-E14. O24[44], [45]. Las etiquetas fueron revisadas y validadas por el profesional del hospital, quien aplicó los lineamientos de la American Diabetes Association ADA[46] y el protocolo PAM para la asignación de los perfiles dieto terapéuticos correspondiente a cada paciente.

Al iniciar este proyecto se consideró usar las variables bioquímicas como glucosa en ayunas y HbA1c para la clasificación, sin embargo, al realizar el análisis de datos exploratorio se reveló que registraban una tasa de completitud inferior al 10% con registros ausentes en la mayoría de los registros que fueron proporcionados por el hospital. Se aplicó un proceso adicional de control de calidad para identificar valores inconsistentes en las variables antropométricas como edad, peso, talla, índice de masa corporal.

El perfil dietético fue construido mediante reglas clínicas basadas en el estado diabético y el índice de masa corporal, los cuatro variables se definieron:

1. Clase 0: Perfil Hipocalórico (pacientes con $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$).
2. Clase 1: Perfil de Control Glucémico (pacientes con diagnóstico de diabetes

mellitus).

3. Clase 2: Perfil Hipo-grasa (pacientes sin diabetes y con sobrepeso, IMC entre 25 y 29,9 kg/m²).
4. Clase 3: Perfil Normocalórico (pacientes sin diabetes y con IMC menor a 25 kg/m²).

La distribución final de las clases fue:

1. Hipocalórico: 9.027 registros (22,84%).
2. Control glucémico: 4.342 registros (10,78%).
3. Hipo-grasa: 12.940 registros (32,72%).
4. Normocalórico: 13.088 registros (33,66%).

En consecuencia, el modelo se alimenta de las variables de edad, género, peso, talla, imc y tiene diabetes, esta decisión se fundamenta en la multicolinealidad, no solo responde a la disponibilidad de datos ya que se encuentra respaldada por el criterio clínico ver anexo 3 ante la consulta de indicadores para iniciar la intervención alimentaria que es el núcleo para la asignación de perfiles dietéticos bajo el protocolo PAM

En el preprocesamiento se aplicó un pipeline con scikit-learn que permite definir un modelo de datos predictivos con pocas líneas de código y ajustarlo a nuestros datos[47]. Las variables numéricas faltantes se manejaron con la imputación mediana SimpleImputer que permite sustituir valores nulos por valores según las estrategias disponibles[48], mientras que las variables categóricas se manejaron por la imputación por moda, que es el valor que aparece con mayor frecuencia en un conjunto de datos[49].

1.6.6 Preprocesamiento y preparación de datos

Para el entrenamiento de la red neuronal se implementó un pipeline de preprocesamiento desarrollado con la ayuda de scikit-learn que son parte de la biblioteca y vienen integrado en el entorno de Python para el aprendizaje automático[50]. Son importante porque optimizan el machine learning y el modelado estadístico de la inteligencia artificial usando una interfaz coherente[51].

Este modelo de clasificación de perfiles dietéticos con el protocolo PAM tiene un filtrado del dataset depurado de 39.397 pacientes, las variables de entrada seleccionadas son edad, género, peso, talla, imc y condición de diabetes, como variable objetivo se empleó la

clasificación de perfil dietético etiquetada en cuatro categorías

1. Hipocalórico
2. Control glucémico
3. Hipo-grasa
4. Normocalórico

Los datos fueron divididos en conjuntos para el entrenamiento 80% y prueba de 20% con partición estratificada. Conservando la distribución de clases en ambos subconjuntos, las variables edad, peso, talla, imc, tiene diabetes fueron normalizadas usando el método StandardScaler y la variable categórica de género transformada con la codificación One-Hot Encoding. Para compensar el desbalance se calcularon pesos de clase utilizando la técnica Class Weight, para que la función de pérdida otorgue mayor importancia a las categorías con menor representación.

Se uso un decodificador de etiquetas mediante labelencoder de scikit-learn[52], transformando los nombres descriptivos en índices numéricos contiguos (0,1,2,3) que son requeridos por la función de pérdida SparseCategoricalCrossentropy de keras para proporcionar etiquetas como números enteros[53]. En el archivo profile_config.json se realizó el mapeo para que el servicio app.py intérprete las predicciones del modelo.

Las variables numéricas fueron normalizadas usando standardscaler que estandariza los datos eliminando la media y escalando los datos de forma que su varianza sea igual a 1[54]. La variable categórica género se transformó mediante codificación one-hot OneHotEncoder(handle_unknown='ignore'), usando vectores binarios independientes para cada categoría. Son técnicas de preprocesamiento de datos que son usadas para convertirlas en un formato numérico que los modelos de aprendizaje automático sepan comprender[55]. El parámetro handle_unknown='ignore' ignorara las categorías no vistas o que no están presentes en el entrenamiento[56].

1.6.7 Arquitectura de la red neuronal

Para el modelo de clasificación multiclase se implementó una red neuronal con Perceptrón Multicapa (MLP) que es una red neuronal artificial que es formada por varias capas de neuronas lo que permite a la red aprender patrones complejos[57], y a la vez se incorporó el framework TensorFlow con API Keras versión 2.15 que permite construir y

entrenar redes neuronales, simplificando la creación de modelos de aprendizaje automático[58].

A continuación, se describe la arquitectura

Descripción de la arquitectura		
Capa	Configuración	Descripción
Capa de entrada	6 features correspondientes al imc, edad que fueron escaladas y el género one-hot que equivale a 2 columnas	Son las variables resultantes del preprocesamiento de feature + one-hot dando firmeza entre entrenamiento e inferencia.
Capa oculta 1	64 neuronas con BatchNorm, relu y Dropout(0,3)	Está compuesta por 64 neuronas, usando BatchNorm que acelera la convergencia y reduce la sensibilidad de pesos y Dropout 0,3 que desactiva aleatoriamente el 30% de las neuronas durante el entrenamiento para prevenir sobreajuste.
Capa oculta 2	32 neuronas con BatchNorm, relu y Dropout(0,2)	Esta compuesta por 32 neuronas, usando la misma secuencia de BatchNorm, Relu y Dropout 0,2 disminuyendo para extraer características de alto nivel de abstracción
Capa oculta 3	16 neuronas con ReLU	Capa adicional para mayor capacidad de aprendizaje antes de la salida.
Capa de salida	4 neuronas sin activación usando softmax en	Consta de 4 neuronas, referenciadas para cada perfil dietético, mientras se realiza el entrenamiento se emplea la función de

	inferencia	pérdida CrossEntropyLoss, en tanto a la inferencia se usa softmax para las probabilidades normalizadas por clase
--	------------	--

Tabla 1 Arquitectura de la red neuronal

A continuación, se presenta la tabla de hiperparámetros que fueron configurados en el entrenamiento del modelo.

Parámetro	Valor	Descripción
Arquitectura	Perceptrón Multicapa	Conveniente para datos de tabulación clínico con relaciones no lineales
Framework	Tensorflow 2.15 + keras	Capacidad de aprendizaje
Capas Ocultas	3	Capacidad de aprendizaje para patrones complejos
Neuronas por capa	64 neuronas capa 1 y 32 neuronas capa 2, 16 neuronas capa 3	Reducción progresiva para extraer características
Función de activación	Relu	Evita el problema de gradiente vanishing
Normalización	BatchNorm capa 1 y 2	Estabilización de entrenamiento permitiendo tasas altas de aprendizaje
Regularización	Dropout 0.3 de la capa 1 y 0.2 de la capa 2	Reducción progresiva para prevenir sobreajuste
Capa de salida	4 neuronas con softmax	Para cada perfil dietético
Función de pérdida	SparseCategoricalCrossentropy(from_logits=True)	Calcula la pérdida de entropía cruzada focal entre etiquetas

		verdaderas y predicciones[59].
Optimizador	Adam	Es un optimizador de algoritmo para entrenar modelos de aprendizaje[60].
Tasa de aprendizaje	1×10^{-3}	Son tasas de aprendizaje que rige en un hiperparametro para ajustar un modelo de machine learning[61].
Tamaño de lote	128	Son datos divididos donde se procesa de forma independiente antes de actualizar los parámetros, se ven los lotes y descenso de gradiente[62].
Épocas máximas	100	Las épocas representan los ciclos del todo el conjunto de datos del entrenamiento[63], evitando el entrenamiento excesivo
Criterio de early stopping	monitor='val_loss', patience=10, restore_best_weights=True, mode='min'	Usado para el entrenamiento para evitar sobreajuste del modelo[64] el entrenamiento es detenido si no existe mejora por 10 épocas consecutivas
Métrica de monitoreo	Accuracy en validación	Mide la calidad de rendimiento de los modelos de aprendizaje automático[65] y selecciona el mejor modelo

Reducción de early stopping	ReduceLRonPlateau (factor=0.5, paciencia=4)	
División de datos	80% train /20%test	Separación de conjuntos de datos inicial, train es el conjunto de entrenamiento, test las pruebas realizadas y val las validaciones cruzadas[66].
Archivo del modelo	Mlp2026_perfiles_pam_tf.keras	Formato nativo de tensorflow, incluye arquitectura, pesos y configuración de despliegue
Preprocesador	Preprocessor2026.pkl (joblib, protocolo=4)	Asegura procesamiento en entrenamiento e inferencia
Dataset de entrenamiento	39.397 registros	Conjunto de datos después del filtrado
Accuracy Obtenido	99.59%	Exactitud global del modelo en conjunto de prueba

Tabla 2 Hiperparámetros de la red neuronal

Durante el entrenamiento se pudo observar la precisión accuracy y con la implementación de earlystopping que se enlaza con la precisión de validación es decir si no mejoraba durante las 10 iteraciones el entrenamiento se detenía para prevenir sobreajuste overfitting, el modelo alcanzo un 99,59% de exactitud, demostrando la capacidad del modelo para reproducir criterios clínicos para la asignación de perfiles dietéticos con el protocolo PAM

El modelo mlp2026_perfiles_pam_tf.keras y el preprocesador preprocessor2026.pkl entrenado se mantienen como un servicio REST mediante FastAPI, y /predicción-perfil para las inferencias en tiempo real, manteniendo el mismo pipeline de preprocesamiento del entrenamiento y retorna con las probabilidades por clase. A continuación de muestra el diagrama de bloques de la arquitectura.

El MLP va a actuar como herramienta de soporte a la toma de decisiones y clasificación preliminar, el modelo asignado al paciente que se base del perfil dietético sugerido será revisada, validar y ajustada según la orientación del nutriólogo antes de ser asignado al paciente, garantizando así que la intervención también integre variables clínicas adicionales no modeladas.

En la ilustración 4 se observa el diagrama de la arquitectura del sistema, se muestra el recorrido de los datos de captura de las variables clínicas que son enviadas al backend, el procesamiento mediante StandardScaler y OneHotEncoder, la inferencia realizada por la red neuronal con sus neuronas de 64, 31, 16 y 4 con la función de activación Softmax, hasta la generación y visualización de los planes dietéticos según el perfil que otorgo la red neuronal.

Flujo de Procesamiento para la Clasificación del Perfil Dietético (Nutri-AI)

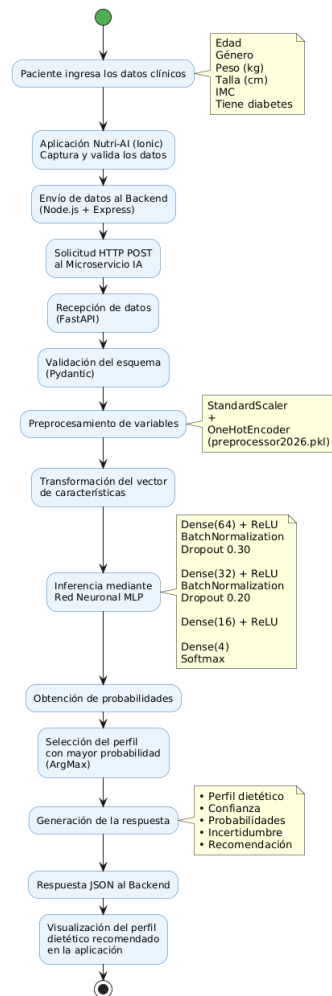


Ilustración 4 Ilustración 3 Flujo de datos del sistema Nutri-AI. Entrada: variables clínicas → Preprocesador (StandardScaler + OneHot) → MLP [64→32→4] → Softmax → Perfil dietético

1.6.8 Validación comparativa de modelos bajo validación cruzada

Los modelos basados en arboles Random forest son algoritmo de aprendizaje de uso común, combina el resultado de múltiples arboles de decisión para un resultado único, reduce la varianza del modelo y aumenta estabilidad[67] y Gradient boosting produce predicciones precisas que combina arboles de decisión en un único modelo, corrige errores y mejora las capacidades predictivas[68].

Modelo	AUC (Mean $\pm$ Std)	F1-Score (Mean $\pm$ Std)
MLP	0.997 ± 0.0008	0.9375 ± 0.0083
Random Forest	1.0000 ± 0.0000	1.0000 ± 0.0000
Gradient Boosting	1.0000 ± 0.0000	1.0000 ± 0.0000

Tabla 3 Comparación mediante validación cruzada estratificada

En nuestro modelo ver tabla 3 Random Forest y Gradient Boosting alcanzaron un desempeño perfecto en el conjunto de validación cruzada, obteniendo valores promedio de AUC y F1-Score iguales a 1.0000. Por su parte, la red neuronal multicapa obtuvo un AUC promedio de 0.9970 ± 0.0008 y un F1-Score promedio de 0.9375 ± 0.0083 , evidenciando también un alto nivel de precisión y capacidad discriminativa.

1.7 Metodología de desarrollo

Se entiende como modelo incremental cuando se parte con una base de diseño inicial en el que se integran todas las características básicas que debe poseer una aplicación para su debido funcionamiento, que con el paso del tiempo va mejorando su apariencia, el diseño se va adaptando a las pautas requeridas para el mejor desenvolvimiento, con la finalidad de que en la parte final se pueda satisfacer cada una de las necesidades del usuario y que cumpla con todos los requerimientos de información [69].

Para el desarrollo del diseño de este sistema se utilizará la metodología de desarrollo

incremental, lo que permite realizar este proyecto por una serie de incrementos. Esto facilitara la implementación de los módulos del sistema según los requisitos proporcionados.

A continuación, se detallan los principales aspectos de la metodología de desarrollo incremental.

Fase Análisis: Permite conocer los requisitos tanto técnicos como funcionales de la aplicación web y móvil a desarrollarse.

Fase Diseño: Se trata de la arquitectura de la plataforma incluyendo las interfaces del usuario para la aplicación web del profesional de salud y la aplicación móvil para pacientes, además de diseñar la arquitectura de la red neuronal con tensorflow/Keras, especificando las capas densas para optimizar los planes nutricionales.

Fase Codificación: En esta fase se utilizarán herramientas tecnológicas para el desarrollo de la plataforma, como angular e ionic para el frontend de la aplicación, el desarrollo de esta plataforma se realizará Visual Studio Code implementando los módulos a realizar

Fase Prueba: Esta es la fase más importante ya que permite detectar errores en el sistema de fases anteriores, se realizarán pruebas en todos los módulos incluyendo en la red neuronal para incoherencias en los planes nutricionales.

En la Ilustración 5 se detallan los incrementos metodológicos correspondientes a la construcción de la plataforma. Esta solución tecnológica ha sido estructurada bajo una arquitectura dual, conformada por un entorno web y una aplicación móvil, lo que garantiza la accesibilidad desde diferentes dispositivos.

Para organizar su funcionalidad de manera eficiente, el sistema consta de módulos transversales o generales, aplicables a todo el entorno, así como de módulos específicos asignados por rol de usuario, los cuales permiten adaptar la interfaz y los permisos según el perfil correspondiente. A continuación, se desglosa la conformación de cada uno de estos componentes, su metodología de incrementos, su conformación de elementos de fases dentro del incremento y su secuencia de aumentos respectivamente secuenciales.

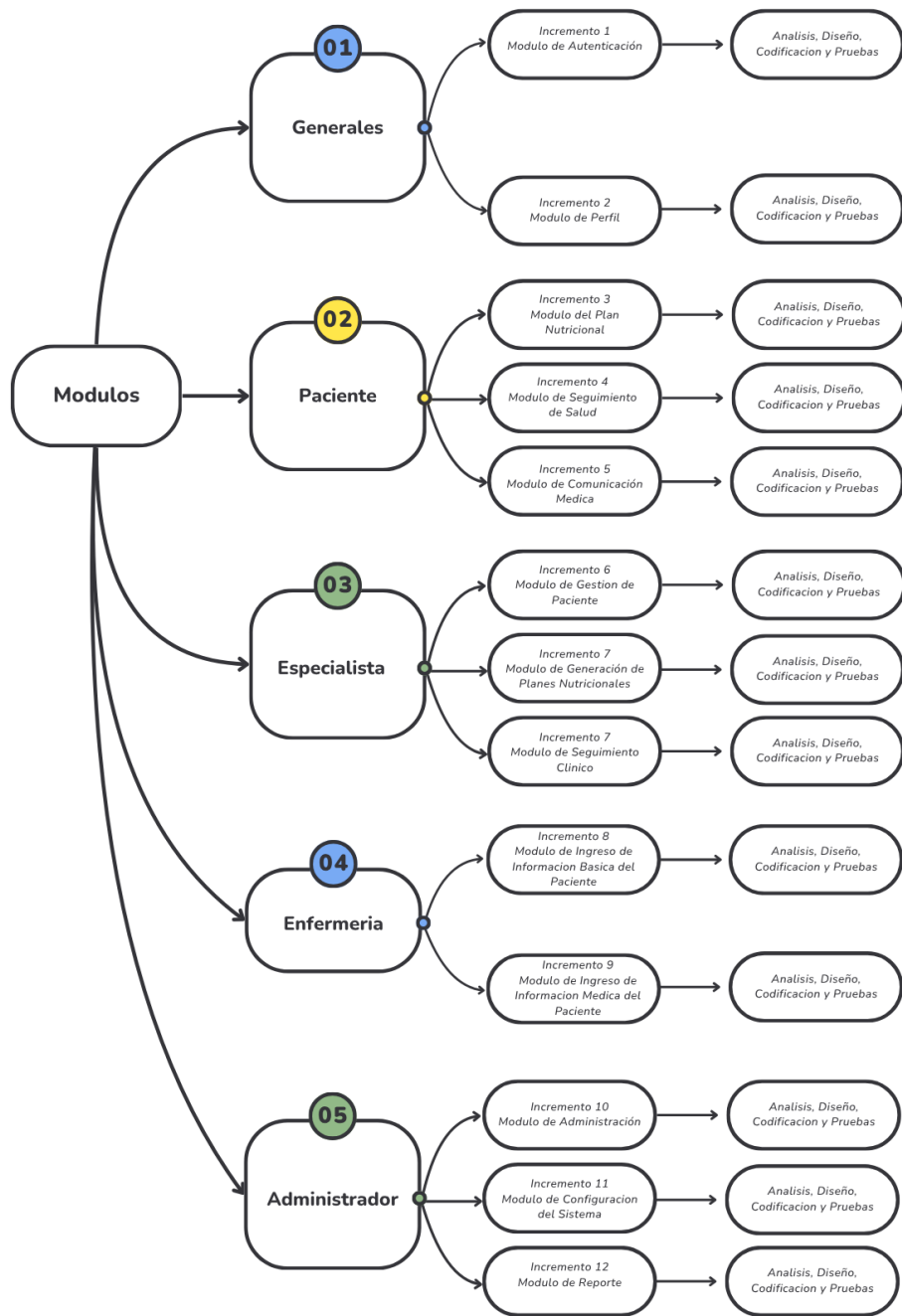


Ilustración 5 Incrementos de desarrollo

CAPÍTULO 2. PROPUESTA

2.1 Marco Contextual

El uso de las tecnologías de la información en el área de la salud se ha convertido en parte fundamental en la atención médica, en la investigación realizada en Ensenada, Baja California [70] concluyeron que las Tics, desde la atención médica y la gestión social, se han constituido como factor de desempeño en el área de la salud. En la documentación revisada de cómo impacta una aplicación de las tecnologías de la información en la atención médica [71] se evaluó el impacto en dos grupos de pacientes, el primer grupo realizó el proceso de atención médica de manera normal y el otro haciendo uso de las tics, dando como resultado una disminución en tiempos de consulta médica.

Las aplicaciones web y móviles se han convertido en herramientas fundamentales para poder registrar, procesar y dar seguimiento a la información de los pacientes ya que dentro del proceso de atención médica es beneficioso para los pacientes y disminuye errores en la receta médica [72], [73], en particular estas soluciones de manera digital orientadas a la salud han facilitado el control de enfermedades crónicas como la diabetes.

La inteligencia artificial se ha ido consolidando como una herramienta innovadora dando beneficios tecnológicos para la humanidad [74] como en el análisis de datos complejos en diversos campos. Las redes neuronales artificiales en una simulación de procesos de la inteligencia humana usando máquinas comunicadas con sistemas informáticos [75], permitiendo identificar patrones y relaciones entre variables. Son utilizadas para clasificar, ya que parten de datos de entrada que nos ayudaran a predecir algún valor específico. En base a este contexto, el presente proyecto las redes neuronales permitirán analizar variables clínicas de pacientes que padecen la enfermedad de diabetes mellitus tipo II y clasificarlas en perfiles dietéticos.

El presente proyecto tiene como propósitos trabajos previos desarrollados en el ecosistema ecuatoriano, en la Universidad Politécnica Salesiana se desarrolló un sistema de monitoreo de parámetros cardiovasculares basado en IOT y MQTT para alertas médicas [76] este resultado permitió el seguimiento de parámetros de frecuencia cardíaca, enviar alertas y facilitar la comunicación entre el usuario y el médico donde el control del estado de la salud se verá detallado y en la Universidad Estatal Península de Santa Elena se diseñó e implementó un dispositivo Iot para la toma de variables bioeléctricas

permitiendo identificar la detección temprana de problemas de salud y mejorar la calidad en la atención médica.

En una integración futura, estos sistemas de IoT desarrollados en la UPS y en la UPSE podrían formar parte de datos en tiempo real para la plataforma Nutri-AL, estableciendo un entorno digital de salud end to end. Por ejemplo, mediciones continuas de glucosa, actividad física o signos vitales pueden ser capturados por dispositivos IoT, alimentando automáticamente el modelo de red neuronal, permitiendo la clasificación de perfiles dietéticos

2.2 Marco conceptual

Para la clasificación de perfiles dietéticos usando redes neuronales, se realizó el diseño de un asistente nutricional en la plataforma Nutri AI considerando las variables antropométricas, bioquímicas y hábitos alimenticios, considerando también sus hábitos saludables, su situación económica y el nivel de actividad física, así como las herramientas y tecnologías que fueron empleadas en el desarrollo de interfaces de usuario (frontend) y del servidor (backend), identificando los protocolos de comunicación para la transmisión de datos y mecanismo de seguridad para proteger la información del paciente. A continuación, se presentan los conceptos para el desarrollo de este trabajo.

2.2.1 Signos Vitales

Los signos vitales son valores que estiman la circulación de la respiración y de las funciones neurológicas, si estas tienen una alteración anormal orientan hacia un mal funcionamiento orgánico[77]. Son mediciones cuantitativas fisiológicas que permiten evaluar nuestro estado de salud y los sistemas respiratorios, neurológicos y circulatorios, que incluyen la frecuencia cardíaca, respiratoria, presión arterial, saturación de oxígeno y la temperatura corporal.

El primer signo vital que se considera en una persona diabética cuando va a su control es la frecuencia cardíaca, en un estudio realizado en la provincia de Zhejiang, China[78], se evaluó frecuencias cardíacas en reposo y en control metabólico, demostrando que los incrementos se asociaron por tener valores alto de HbA1c revelando un aumento de 10 lpm relacionado por un descontrol metabólico.

Frecuencia Cardiaca normal en reposo promedio para adultos	
Edad en años	Frecuencia cardiaca promedio en reposo (Ipm)
De 18 a 20 años	81.6
De 21 a 30 años	80.2
De 31 a 40 años	78.5
De 41 a 50 años	75.3
De 51 a 60 años	73.9
De 61 a 70 años	73
De 71 a 80 años	74.2
Mas de 80 años	78.1

Tabla 4 Valores de frecuencia cardiaca en reposo[79]

Como segundo punto tenemos la saturación de oxígeno que sirve para ver y evaluar el estado de la persona. Para una persona diabética suelen tener una baja saturación de oxígeno en la sangre[80]. Se compone por la cantidad de oxígeno que transportan los glóbulos rojos[81].

En el siguiente cuadro podemos ver cuando es baja la saturación de oxígeno en la sangre conocida como hipoxemia o hipoxia.

Saturación de oxígeno baja		
Nombre	SpO2	paO2
Hipoxemia leve	90-94%	Aprox. 80 mmHg
Hipoxemia moderada	85-89%	Aprox. 60 mmHg

Saturación de oxígeno baja		
Nombre	SpO2	paO2
Hipoxemia severa	<85%	< 50 mmHg

Tabla 5 Valores de saturación de oxígeno[82]

El tercer signo vital es la temperatura corporal, varía según la persona, edad y actividades que mantiene durante el día[83]. La temperatura corporal normal generalmente es de 98.6°F (37°C) y en los adultos se considera fiebre una temperatura superior a 100.4°F (38°C) causadas por alguna infección[84] y frecuentes en personas diabéticas. Para medir estas temperaturas es común usar termómetros dentro de esta variedad el más usado es el termómetro de mercurio[85].

2.2.2 Variables antropométricas

Dentro de la plataforma se mostrarán los datos básicos de salud de la persona como el peso corporal, la circunferencia de la cintura y la estatura de la persona. El peso corporal es un parámetro que permite valorar el estado de crecimiento del paciente y ver su estado nutricional[86]. El IMC permite interpretar con mayor precisión el peso relacionado con la estatura[87]. La estatura de una persona se mide en centímetros y varía según la edad y la genética, y la circunferencia de la cintura es importante para determinar la cantidad de grasa visceral, por lo general es medida con un cinta métrica sobre la piel[88].

2.2.3 Indicadores bioquímicos

Dentro de los indicadores bioquímicos tenemos el control glucémico que es parte fundamental para mantener los niveles de glucosa en la sangre dentro de un rango saludable[89], estas pueden ser elevadas la glucosa en la sangre con cualquier alimento, por eso es clave para prevenir complicaciones, mejorando la calidad de vida y reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas.

Resultado	A1C
Normal	Menos de 5.7%
Prediabetes	5.7% a 6.4%
Diabetes	6.5% o mas

Tabla 6 Valores de niveles de glucosa[90]

Dentro del control glucémico tenemos la glucosa en ayunas si estas son alteradas ocurrirá por tener altos niveles de azúcar en la sangre. Por lo general se interpretan 3 resultados de pruebas de glucosa en sangre. Si el nivel de glucosa en la sangre es normal los niveles en ayunas serán de 3.6 mmol y 6 mmol/l significando que es normal, si el nivel es de 6.1 y 6.9 mmol/l entre 100 y 125 mg/dl puede tener GAA. Si el nivel de glucosa es de 7 mmol/l de 126 mg/dl es probable que tenga diabetes[91].

También tenemos la glucosa postprandial o más conocida como glucosa posprandial de 2 horas es decir después de una comida, se realiza para ver como el cuerpo responde al azúcar de una comida, estos niveles aumentan debido a que el azúcar en el estómago va digiriendo[92]. Las pruebas realizadas en personas que no tiene diabetes es de 140 mg/dl y si tienen diabetes menos de 180 mg/dl[93].

En la hemoglobina glicosilada es un examen de sangre que mide el nivel de glucosa en la sangre durante los 3 meses[94]. El resultados de estas pruebas HbA1c se entrega en porcentajes, un nivel normal es menor de 5.7%, en la prediabetes se ubica entre 5.5 y 6.4 y es necesario que se haga pruebas constantemente y la persona que ya tiene diabetes se ubica en 6.5% o más[95]. Estas pruebas no requieren ser hechas en ayunas.

2.2.4 Hábitos alimentarios

Son patrones, practicas, hábitos y comportamientos que se mantienen a largo plazo que una persona mantiene en su vida diaria[96], estos hábitos son modificados por factores de situación económica afectando patrones de consumo tanto de niños y adultos[97]. La composición de esta dieta debe ser adecuada, equilibrada, diversa y moderable, estos cuatro principios favorecen la salud a largo plazo[98].

2.2.5 Protocolo Pam

Protocolo PAM o medida de activación del paciente. evalúa el conocimiento, confianza y habilidades del paciente[99], ayuda a diferenciar que paciente esta más activo e involucrado en su salud[100], Pam es una evaluación para la activación del paciente con cualquier comportamiento de salud y bienestar. Además ayuda a determinar estrategias que se podrán implementar en cada paciente, ya sea mediante una encuesta o historial clínico[101].

2.2.6 Dieto terapéuticos

Son practicas dietéticas especializadas como dietas macrobiótica, para tratar o prevenir una enfermedad específica[102], estas deben ser personales y dependen de la situación médica y gustos de cada persona[103]. Es decir tener en cuenta su estado de salud, historial médico, estilo de vida y preferencias alimentarias[104]. Estas dietas pueden ser consideradas como una solución a una anomalía alimentaria o solo un complemento de ayuda[105].

2.2.7 Dieta Hipocalórica

Son dietas que se caracterizan por un régimen de bajo calorías, restringiendo alimentos que aportan calorías para combatir el sobrepeso y la obesidad[106]. Son dietas recetadas por el nutricionista para que el paciente tenga una vida lejos de la comida vacía y tener un peso saludable, equilibrado en 55% y 60% de hidratos de carbono y 15% de proteínas[107].

Alimentos aconsejados y desaconsejados		
Grupo	Aconsejados	Desaconsejados
Frutas	Todas	Almíbar, coco, frutas secas (dátiles, uvas pasas)
Verduras y hortalizas	Todas	Cocinadas con mucha grasa
Lácteos	Lácteos desnatados,	Lacteros enteros, leche,

Alimentos aconsejados y desaconsejados		
Grupo	Aconsejados	Desaconsejados
	semidesnatados, leche, yogur, requesón, quesos baja en grasa	yogur, quesos muy grasos o extra-grasos $\geq 10\%$ de MG, postres, lácteos azucarados, nata, crema de leche
Cereales y tubérculos	Pan, patatas, pasta, arroz, cereales de desayuno y galletas sin azúcar (preferir los integrales)	Cocinados con mucha grasa. Cereales y galletas con azúcar.
Legumbres	Todas	Cocinadas con chorizo, tocino
Carnes	Cortes magros: pollo y pavo sin piel, conejo, ternera y cerdo. Fiambre de pavo, jamón cocido y serrano sin grasa visible.	Cortes grasos: cordero, pato... Vísceras: sesos, riñones, etc. Embutidos: salchichas, morcilla, chorizo, salchichón... Foie, paté, tocino.
Pescados	Blancos: merluza, lenguado, gallo, rape, rodaballo, lubina... Azules: salmón, sardina,	Fritos o rebozados

Alimentos aconsejados y desaconsejados		
Grupo	Aconsejados	Desaconsejados
	atún.	
Huevos	Cocidos, escalfados o en tortilla.	Fritos
Bebidas	Agua, infusiones, café o descafeinado. Refrescos sin azúcar. Caldo vegetal o desgrasado.	Refrescos azucarados, bebidas alcohólicas, zumos comerciales.
Grasas	Aceite de oliva. Frutos secos al natural o tostados (nueces, almendras, avellanas).	Mantequilla, margarina, manteca. Aceite de coco o palma Frutos secos fritos.

Tabla 7 Alimentos aconsejados y desaconsejados[108]

Macronutrientes	Gramos	%valor energético total
Proteínas	68	25
Lípidos	30-36	25-30
Carbohidratos	123-137	45-50
Cantidad de fibra – promedio de dieta 20-30g		
Colesterol <200 mg/d		

Tabla 8 Macronutrientes[108]

2.2.8 Control glucémico

Es un plan de alimentación que se basa en una dieta baja en grasas, se ajustan las

cantidades de carbohidratos para ralentizar su absorción en el cuerpo, la ingesta diaria de carbohidratos debe ser de <130g[109]. El índice glucémico mide la velocidad de los carbohidratos de los alimentos que aumentan los niveles de glucosa en la sangre al ser consumidos[110]. Existen tres tipos: glucémico bajo, medio y alto[111].

Categoría del índice glucémico	Número de índice glucémico	Ejemplo
Índice glucémico bajo	0-55	Avena (en copos o cortada), quinoa, bulgur, manzanas, naranjas, zanahorias, yogur y frutos secos.
Índice glucémico medio	56-69	Cuscús, pan de centeno y pasas
Índice glucémico alto	70 años o mas	Pan blanco, arroz blanco, la mayoría de los cereales procesados y la avena instantánea, patatas, sandía y la mayoría de los aperitivos.

Tabla 9 Índice glucémico[112]

2.2.9 Dieta HipoGrasa

Las dietas hipograsas son caracterizadas para la reducción de la ingesta de grasas, adoptadas particularmente para mejorar la salud cardiovascular, tener el control de su peso o abordar condiciones médicas, son esencial para usarlo en un enfoque de reducción de cantidades de grasas saturadas y trans en la dieta que se asocian con el aumento de riesgo de enfermedades cardíacas[113].

2.2.10 Dieta Normocalórica

Una dieta normocalorica son aquellas que se basan en huerta, mar y granja, tienen una

combinación de los elementos necesarios que el cuerpo necesita para realizar sus funciones correctamente[114]. Estas dietas dependen de la edad, estructura corporal de la persona, la actividad física que realiza por lo tanto no hay cantidades establecidas pero se debe realizar siempre de forma saludable y mantener un peso corporal constante[115].

2.2.11 Redes neuronales artificiales

Las redes neuronales artificiales o por sus siglas ANN son medios que nos que nos resuelven problemas grandes y complejos de manera efectiva y eficiente[25], imitando el pensamiento humano en la replicación del cerebro[116]. La anatomía de nuestro cerebro trabaja por células que conocemos comúnmente como neuronas, que conectadas en forma conjunta son muy poderosas, estas redes son interconectadas de forma paralela en elemento adaptativos con una organización jerárquica interactuando con los objetos del mundo real[117].

2.2.12 Tensorflow

Es un sistema de aprendizaje automático que opera en entorno heterogéneos, usando graficas de flujo de datos para representar cálculos. Permite el entrenamiento utilizando cientos de servidores para tener un entrenamiento rápido, ejecutando modelos ya entrenados en varias plataformas que están distribuidos en un centro de datos hasta poder ejecutarse localmente en dispositivos móviles[118].

2.2.13 Aplicación Híbrida

Las aplicaciones híbridas son desarrolladas con el mismo sistema de algoritmos y códigos, lo cual les permite funcionar y trabajar en cualquier tipo de sistemas operativos tanto en computadoras como móviles como: Android, iOS o Windows, también poseen una ventaja que es la adaptabilidad del código a los diferentes sistemas operativos lo que proporciona que se ejecute de manera rápida y sencilla junto a ello el registro de un rango alto de usuarios, capacidad de abrir en cualquier navegador disponible, se puede utilizar con o sin servidores de internet[119].

2.2.14 Aplicación móvil

Es la unión de elementos que posee tanto las aplicaciones nativas con las aplicaciones web, usando las herramientas de web, HTML, css, Javascríp ya que son fundamentales para que la aplicación móvil pueda ejecutar de mejor manera en cada plataforma ios o

Android. Su estructura puede incluir un adicional como gps o acceso a las cámaras del dispositivo que se encuentra la aplicación móvil. Cabe resaltar que estas plataformas permiten que las personas quienes lo crean puedan tener acceso a las funciones completas de cada dispositivo en el que se encuentre instalado[120].

2.2.15 Ionic Framework

Ionic Framework en pocas palabras es una biblioteca de códigos abierto que son la base para la creación de aplicaciones tanto móviles, web convirtiéndolas en aplicaciones híbridas a base de tecnología web estándar como HTML, CSS y JavaScript que se pueden modificar y personalizar al momento de crear un diseño para que este sea único[121]. Además, adaptando cada componente se puede programar al gusto del programador respecto a la apariencia de la nueva aplicación.

2.2.16 Visual studio code

Conocido con las abreviaturas VSCode, que permite programar códigos de manera gratuita creado por Microsoft una compañía que tiene un gran legado por tener entornos de desarrollo integrados siendo muy utilizada y popular entre las personas que están dentro del mundo de la programación conocidos como desarrolladores. Esta aplicación es independiente y fue creada mediante códigos distintos lo que tiene como ventaja que se pueda programar en diferentes lenguajes que sea posible para cada programador de aplicaciones ya sean web, móviles o híbridas[122].

2.2.17 Xampp

Se conoce como XAMPP a una herramienta que posee en su contenido varios paquetes de software en el que sus componentes son: Apache, MariaDB, PHP y Perl, que son importantes para desarrollar aplicaciones web con seguridad y confiabilidad. La facilidad de instalación y uso de XAMPP puede ser utilizado para personas que apenas inician en el mundo de la programación, como los que se encuentran en niveles superiores ya que es una multiplataforma muy flexible y que posee un entorno controlado antes de abrir los proyectos en servidores en línea[123].

2.2.18 Docker

Herramienta de contenedorización para facilitar la integración, despliegue y ejecución de los diferentes componentes del sistema. A través de contenedores independientes se

podrán gestionar el frontend desarrollado en Angular/Ionic, el backend implementado con Node.js y Express, la base de datos MySQL y el microservicio Python encargado del modelo de Machine Learning. Esta tecnología permitirá mantener entornos consistentes de desarrollo y despliegue, favoreciendo la portabilidad, escalabilidad y mantenimiento de la solución propuesta[124].

2.3 Marco teórico

2.3.1 DM-ASSIST Desarrollo de una aplicación móvil para el control de pacientes diabéticos del Hospital Universitario Nacional de Colombia

La tecnología puede brindar intervenciones a mayor escala y tener un impacto importante en el manejo de esta enfermedad[125]. En esta investigación se propuso el desarrollo de una aplicación de automonitoreo y educación de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2[126]. Permitía el registro de variables de glucosa, alimentación, actividad física y el uso de los medicamentos, facilitando el seguimiento del tratamiento.

Cabe recalcar que este proyecto solo se enfoca en el registro de glucometrías, actividad física, registro de dieta y monitoreo de datos[126], no incorpora modelos de inteligencia artificial que permita analizar la información registrada del paciente, a la vez no clasifica los perfiles dietéticos según el estado nutricional de los pacientes ni el uso de variables clínicas para la toma de decisiones, limitando su alcance en relación con soluciones más avanzadas.

El presente proyecto que estamos realizando se diferencia al integrar un modelado de red neuronal que permita clasificar automáticamente los perfiles dietéticos que parten de variables clínicas del paciente, alineadas al protocolo PAM, a diferencia de DM-ASSIST, nuestra propuesta no solo registra, sino que procesa la información de entrada y ayudara a la toma de decisiones nutricionales.

2.3.2 Desarrollo de un modelo de red neuronal para la detección de la diabetes tipo 2

El presente proyecto titulado Developing a Neural Network Model for Type 2 Diabetes Detection, se propuso el desarrollo de un modelo basado en redes neuronales usando un dataset Pima Indians Diabetes Database(PIDD), contenía variables como glucosa, presión arterial, índice de masa corporal, edad y insulina[127]. Se introdujo un modelo de

clasificación Rough-Neuro para la detección de diabetes y mientras que la clasificación se realiza mediante un perceptrón multicapa.

Este proyecto está orientado a la detección de la enfermedad los clasifica por diabético y no diabético, sin considerar la creación de planes nutricionales, este proyecto usa como base principal un dataset PIDD[127] que no refleja la diferencia de variables clínicas en entornos reales, sin mencionar que no se integra dentro de una plataforma tecnológica que permita conexión directa con el entorno clínico.

El presente proyecto hace distinción al utilizar un modelo de red neuronal que no solo se centra en la detección, sino que genera clasificación de perfiles dietéticos, incorporando variables clínicas reales. La propuesta de este proyecto y con la de nosotros se diferencia ya que se integra en una plataforma web, permitiendo su uso dentro de un entorno clínico, contribuyendo a la planificación dietética del paciente.

2.3.3 Desarrollo de prototipo de aplicativo móvil de control de salud para personas con diabetes

El presente proyecto titulado Desarrollo de prototipo de aplicativo móvil de control de salud para persona con diabetes una aplicación orientada al monitoreo y seguimiento del paciente, que permite registrar información como su niveles de glucosa en la sangre, ingesta de alimentos y registro de medicamentos[128]. Buscando apoyar al paciente en su rutina, que tenga el autocuidado y tome consciencia del manejo de su enfermedad.

Este sistema integra muchas funcionalidades dentro de la plataforma móvil y se destaca por la interfaz intuitiva, sin embargo, se enfoca más en el registro y visualización de datos, no incorpora inteligencia artificial que analice la información, no usa variables clínicas ni clasifica perfiles dietéticos, limita el apoyo en la toma de decisiones y no integra un enfoque clínico como el protocolo PAM.

Nuestro asistente se diferencia por integrar un modelo de red neuronal, que a su vez clasifica la información del paciente y da como resultado la clasificación automática del perfil dietético que le va mejor a ese paciente, todo esto a una base de datos que tiene como entrada para que vaya entrenando, este trabajo no solo permitirá el registro de información, sino que los datos de entrada serán procesados mediante la inteligencia artificial alineados al protocolo PAM.

2.4 Requerimientos

2.4.1. Requerimientos funcionales

Los requisitos funcionales son aquellos que se utilizan para describir el producto a realizar, se basa en cuanto al diseño, procesamiento y fabricación, identificando la importancia de los distintos requisitos del diseño[129].

Módulos generales de la aplicación móvil y web: Los módulos generales de la aplicación son el módulo de autenticación, módulo de perfil.

Módulo de autenticación	
Código	Descripción
RF-01	Para ingresar se necesita iniciar sesión con un usuario y una contraseña sea nutriólogo, paciente o administrador.
RF-02	Los perfiles de usuario están restringidos y la información se mostrará dependiendo el rol que cumple el usuario
RF-03	El sistema solo permite al usuario paciente crear una cuenta en la aplicación móvil.
RF-04	El sistema solo permite al usuario nutricionista y enfermera crear cuenta en el sistema WEB
RF-05	El sistema permite recuperar contraseña solo ingresando número celular, enviando un código por mensaje para ser ingresado al sistema

Tabla 10 Requerimientos funcionales - Módulo de autenticación

Módulo de perfil o configuración	
Código	Descripción
RF-06	Los usuarios pueden editar la información ingresada en el registro
RF-07	Los usuarios pueden cambiar contraseña

Tabla 11 Requerimientos Funcionales - Módulo de perfil.

Módulo del paciente: En la plataforma se contempla los requisitos funcionales del módulo del paciente que se detalla a continuación.

Módulo del plan nutricional	
Código	Descripción
RF-08	El paciente podrá visualizar el plan nutricional asignado durante el mes
RF-09	El paciente podrá visualizar el plan nutricional por semana

Tabla 12 Requerimientos Funcionales - Módulo Plan Nutricional

Módulo de Seguimiento de Salud	
Código	Descripción
RF-10	El sistema permitirá visualizar los datos de información antropométrica registrada en el consultorio
RF-11	El sistema permitirá registrar los niveles de glucosa y presión arterial
RF-12	El sistema permitirá alertar con fecha de anticipación de la próxima cita

Tabla 13 Requerimientos Funcionales - Módulo de Seguimiento de Salud

Módulo de Comunicación Medica	
Código	Descripción
RF-13	El sistema permitirá redireccionar al WhatsApp para realizar consultas
RF-14	El sistema permitirá enviar mensajes directos por la plataforma al médico

Tabla 14 Requerimientos Funcionales - Módulo de Comunicación Medica

Módulo rol especialista o nutrióloga: En la plataforma se contempla los requisitos funcionales del módulo del nutriólogo que se detalla a continuación.

Módulo de Gestión de Paciente	
Código	Descripción
RF-15	El sistema permite visualizar el listado de los pacientes asignados
RF-16	El sistema permite visualizar los datos básicos del paciente
RF-17	El sistema permite visualizar los datos antropométricos (peso, talla, imc, niveles de glucosa)
RF-18	El sistema permite visualizar los signos vitales (presión arterial, frecuencia cardiaca, temperatura y SpO2)
RF-19	El sistema permite visualizar las condiciones metabólicas del paciente (hipertensión, obesidad, dislipidemia, hígado graso y resistencia a la insulina)
RF-20	El sistema permite guardar los datos de la consulta medica

Tabla 15 Requerimientos Funcionales - Módulo de Gestión de Paciente

Módulo del Plan Nutricional	
Código	Descripción
RF-21	Permite ver los datos del paciente
RF-22	Permite ver el imc, peso, talla, cintura, glucosa en ayunas, HbA1c, colesterol y actividad fisica
RF-23	Permite registrar sus preferencias alimenticias, alergias y su situación económica
RF-24	Permite registrar la duración del plan nutricional
RF-25	Permite guardar los datos del plan nutricional

Tabla 16 Requerimientos Funcionales - Módulo del Plan Nutricional

Módulo de seguimiento clínico	
Código	Descripción
RF-26	Permite registrar la evolución del paciente como objetivos y el plan que se le otorgo
RF-27	Permite agendar las próximas citas
RF-28	Permite visualizar el seguimiento de los niveles de glucosa
RF-29	El sistema permite la comunicación el paciente redireccionando al WhatsApp para alguna consulta

Tabla 17 Requerimientos Funcionales - Módulo del Seguimiento Clínico

Módulo rol de enfermería: En la plataforma se contempla los requisitos funcionales del módulo de la enfermera que se detalla a continuación.

Módulo de enfermería	
Código	Descripción
RF-30	Permite registrar la información básica del paciente
RF-31	Permite registrar la información médica del paciente

Tabla 18 Requerimientos Funcionales - Módulo de enfermería

Módulo rol de administración: En la plataforma se contempla los requisitos funcionales del módulo de la administración que se detalla a continuación.

Módulo de enfermería	
Código	Descripción
RF-32	Permite habilitar e inhabilitar un usuario, de igual manera editar sus datos

RF-33	Permite ver todos los usuarios del sistema
-------	--

Tabla 19 Requerimientos Funcionales - Módulo de administración

Módulo de configuración del sistema	
Código	Descripción
RF-34	Permite agregar nuevos parámetros a la red neuronal

Tabla 20 Requerimientos Funcionales - Módulo Configuración del Sistema

Módulo de reporte	
Código	Descripción
RF-35	Permite visualizar los reportes del total de pacientes
RF-36	Permite visualizar los reportes del total de consultas por paciente
RF-37	Permite visualizar reportes del comportamiento de la red neuronal
RF-38	Permite visualizar reportes del sistema

Tabla 21 Requerimientos Funcionales - Módulo Reporte de Sistema

2.4.2 Requerimientos no Funcionales

Los requerimientos no funcionales son aquellos que especifican o describen las capacidades y limitaciones operativas de un sistema, definen el funcionamiento y la calidad del software[130]. A continuación, se detallan los requisitos no funcionales de la plataforma informática.

Aplicación Móvil	
Código	Descripción
RNF-1	El sistema estará disponible las 24h los 7 días de la semana

Aplicación Movil	
Código	Descripción
RFN-2	El idioma de la aplicación es español
RFN-3	La aplicación solo estará disponible para sistemas operativos Android
RFN-4	El sistema solo permite el acceso al personal autorizado

Tabla 22 Requerimientos no funcionales - Escenario Aplicación Movil

Aplicación Web	
Código	Descripción
RNF-5	El sistema estará disponible las 24h los 7 días de la semana
RFN-6	El idioma de la aplicación es español
RFN-7	La aplicación Web está disponible para cualquier navegador
RFN-8	El sistema solo permite el acceso al personal autorizado

Tabla 23 Requerimientos no funcionales - Escenario Aplicación Web

2.5 Componentes de la propuesta

Para el diseño de esta plataforma se han considerado componentes importantes como la arquitectura del sistema, diagramas de casos de uso y el modelado de datos, componentes necesarios que sirven para el funcionamiento de la plataforma para la generación de planes nutricionales.

A partir de esta fundamentación teórica y técnica, en las siguientes secciones se desglosará detalladamente cada uno de estos artefactos. En primer lugar, se presentará el esquema de la arquitectura del sistema, delineando cómo interactúan las interfaces gráficas con los servicios de backend. Posteriormente, se detallarán los casos de uso, definiendo las interacciones y permisos de los distintos actores involucrados. Por último, se expondrá el diseño del modelo de datos, el cual garantizará la persistencia, seguridad

e integridad de la información clínica y dietética gestionada por la plataforma.

2.5.1 Arquitectura del sistema

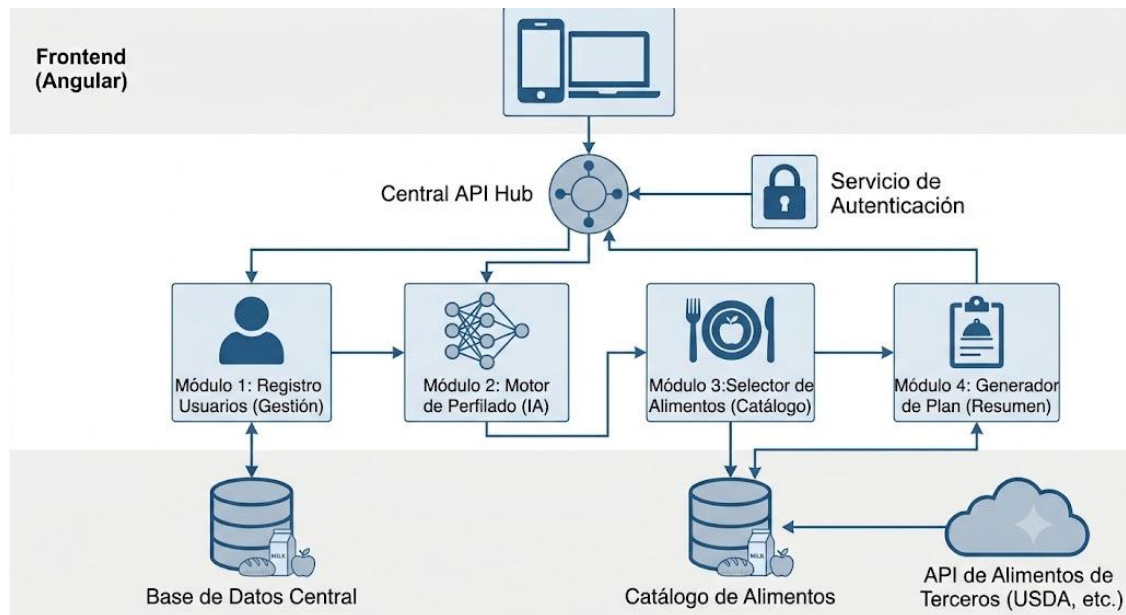


Ilustración 6 Arquitectura del sistema

La arquitectura de la plataforma Nutri-al se basa en un modelado de arquitectura de microservicios desacoplados diseñado para mejorar la flexibilidad, escalabilidad y mantenibilidad al reducir interdependencias entre los diferentes módulos del sistema del software[131]. Se organiza en cuatro capas de lógica, la primera capa se basa en el front, la segunda capa es el backend principal, la siguiente la capa de la red neuronal o inteligencia artificial y por último la capa de persistencia de datos. Estas capas principales se comunican mediante protocolos RESTful API usando JSON como el formato de intercambio de datos.

La capa de presentación esta desarrollada mediante el framework ionic junto con angular, se divide en dos interfaces que se trata de la aplicación web orientadas a los profesionales y la aplicación móvil dirigida a los pacientes. Las interfaces consumen los servicios del backend con las peticiones HTTPS que se encuentran autenticadas mediante tokens JWT, que garantizas la seguridad de la transmisión de los datos sensibles de la salud a lo cual también da una experiencia de usuario responsiva, se adapta según el rol y las necesidades del usuario.

El backend se encuentra construido con Node.js que se encarga de gestionar la lógica,

permite la autenticación de los usuarios según los roles, este servidor cuenta con una API REST que maneja las operaciones CRUD, administra las sesiones de usuario mediante JWT, coordina las peticiones que se realizan al microservicio de inteligencia artificial cuando se requiere la clasificación de perfiles dietéticos.

El microservicio de inteligencia artificial se encuentra desarrollado con FastAPI en Python exclusivamente para la inferencia del modelo de red neuronal MLP (Multiplayer), se encuentra entrenado con Tensorflow 2.15 y Keras. El servicio mantiene un endpoint Rest /predicción-perfil, recibe las 6 variables clínicas edad, género, peso, talla, imc y tiene diabetes, aplica un pipeline en preprocesamiento almacenado en preprocessor2026.pkl y ejecuta la red neuronal con arquitectura de 64, 32, 16, 4 neuronas para retornar las probabilidades de clasificación entre los cuatros perfiles dietéticos PAM.

Para terminar, la capa de persistencia usa MySQL como base de datos relacional que permite almacenar de manera estructurada la información del sistema incluyendo usuarios, roles, historiales clínicos, planes nutricionales y registros de seguimiento, la seguridad de la información está cifrada con AES-256 para datos en reposo y dando el cumplimiento de normativas de protección de datos de salud.

2.5.2 Diagramas de caso de uso

Los diagramas de caso de uso se trata de un lenguaje de modelado unificado que se representan a través de gráficos del sistema, expresa los requerimientos funcionales de la aplicación[132], a continuación, se presentan los casos de uso de la plataforma.

Caso de uso general del sistema	
Actor	Paciente, Medico, Asistente, Administrador
Función	Indicar funcionamiento principal de la plataforma Nutri-AI
Descripción	El sistema Nutri-AI es una plataforma de salud digital que integra inteligencia artificial mediante red neuronal para la generación asistida de planes nutricionales personalizados en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.

Caso de uso general del sistema

Diagrama de Casos de Uso - NutriAI
 Plataforma de salud digital con IA para Diabetes Mellitus Tipo 2

El diagrama de casos de uso para el sistema NutriAI muestra las interacciones entre los actores y los casos de uso del sistema. Los actores son: Paciente, Médico, Enfermería, Administrador y Admin. El sistema centralizado es NutriAI, que contiene los siguientes casos de uso:

- Paciente:**
 - Registrar Datos Antropométricos
 - Registrar Glucosa
 - Registrar Presión
 - Visualizar Plan
 - Ver Historial
- Médico:**
 - Agregar Paciente
 - Consultar Paciente
 - Crear Plan
 - Seguimiento
 - Generar Informes
- Autenticación:**
 - Iniciar Sesión
 - Registrarse
 - Recuperar Contraseña
- Motor IA:**
 - Generar Recomendación
 - Analizar Patrones
 - Predicir Riesgos
- Enfermería:**
 - Buscar Paciente
 - Registrar Signos
 - Registrar Datos Antropométricos
 - Registrar Observaciones
 - Ver Información
- Administrador:**
 - Agregar Médico
 - Agregar Paciente
 - Gestionar Usuarios
 - Asignar Roles
 - Auditoría

Las relaciones entre los actores y los casos de uso son:

- Paciente:** Interactúa con los casos de uso de su propio módulo.
- Médico:** Interactúa con los casos de uso de su propio módulo.
- Autenticación:** Interactúa con los casos de uso de su propio módulo.
- Motor IA:** Interactúa con los casos de uso de su propio módulo.
- Enfermería:** Interactúa con los casos de uso de su propio módulo.
- Administrador:** Interactúa con los casos de uso de su propio módulo.
- Admin:** Interactúa con los casos de uso de su propio módulo.

Las relaciones entre los casos de uso dentro del sistema son:

- Autenticación:**
 - Interactúa con el caso de uso "Registrarse" del módulo "Motor IA" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Predicir Riesgos" del módulo "Motor IA" (relación de inclusión).
- Motor IA:**
 - Interactúa con el caso de uso "Generar Recomendación" del módulo "Motor IA" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Analizar Patrones" del módulo "Motor IA" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Predicir Riesgos" del módulo "Motor IA" (relación de inclusión).
- Enfermería:**
 - Interactúa con el caso de uso "Registrar Signos" del módulo "Enfermería" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Registrar Datos Antropométricos" del módulo "Enfermería" (relación de inclusión).
- Administrador:**
 - Interactúa con el caso de uso "Agregar Médico" del módulo "Administrador" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Agregar Paciente" del módulo "Administrador" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Gestionar Usuarios" del módulo "Administrador" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Asignar Roles" del módulo "Administrador" (relación de inclusión).
 - Interactúa con el caso de uso "Auditoría" del módulo "Administrador" (relación de inclusión).

Tabla 24 Caso de uso general del sistema

Caso de uso de autenticación	
Actor	Usuario paciente, usuario nutricionista, usuario enfermera, administrador
Función	Indicar funcionamiento del inicio de sesión
Descripción	Las acciones por realizar para ingresar al sistema
Flujo Básico	1. Al inicio se muestra la interfaz de autenticación. 2. El usuario puede ingresar las credenciales como correo y contraseña, en tal caso de que no recuerde la contraseña abra un proceso

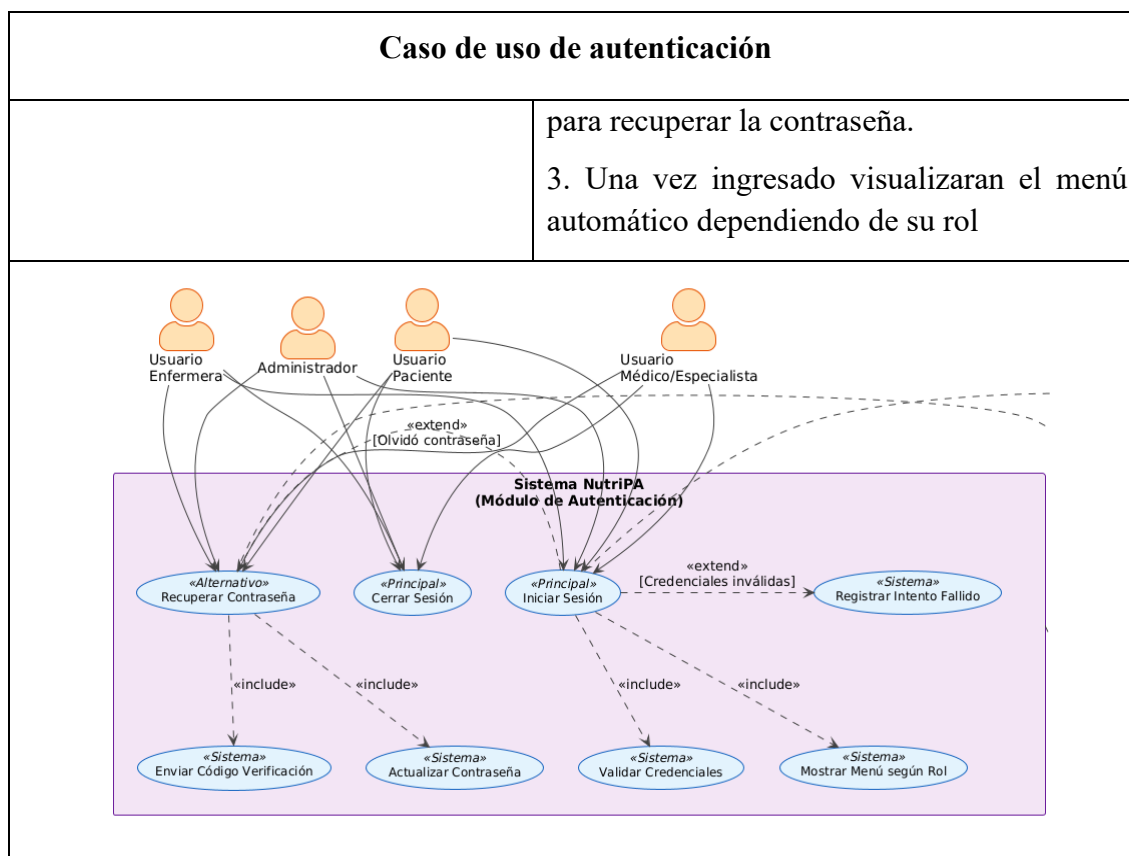


Tabla 25 Caso de uso autenticación

Caso de uso de red neuronal	
Actor	Usuario Nutricionista, enfermera, paciente, administrador
Función	Permitir la clasificación automática del perfil dietético más adecuado para un paciente (Hipocalórico, Control Glucémico, Hipo-grasa o Normocalórico) mediante un modelo de Red Neuronal Multicapa (MLP), utilizando como entrada variables clínicas como el IMC, edad, género y riesgo hormonal metabólico
Descripción	El sistema de Inteligencia Artificial de NutriPA implementa un modelo de aprendizaje profundo basado en una Red

Caso de uso de red neuronal	
	Neuronal Multicapa (MLP) desarrollada con TensorFlow/Keras, diseñada para clasificar a los pacientes en uno de los cuatro perfiles dietéticos PAM (Plan Alimenticio Médico).
Flujo Básico	1. La enfermera ingresa los datos clínicos del paciente. 2. El microservicio Python recibe los datos y los convierte en un DataFrame de Pandas. 3. El preprocesador transforma las variables (StandardScaler para numéricas, OneHotEncoder para género). 4. El modelo MLP predice el perfil dietético con probabilidades para las 4 clases. 5. El médico valida la recomendación con su criterio clínico y decide aceptarla, modificarla o rechazarla. 6. La predicción se guarda en el historial clínico del paciente para futuras consultas y seguimiento.

Caso de uso de red neuronal

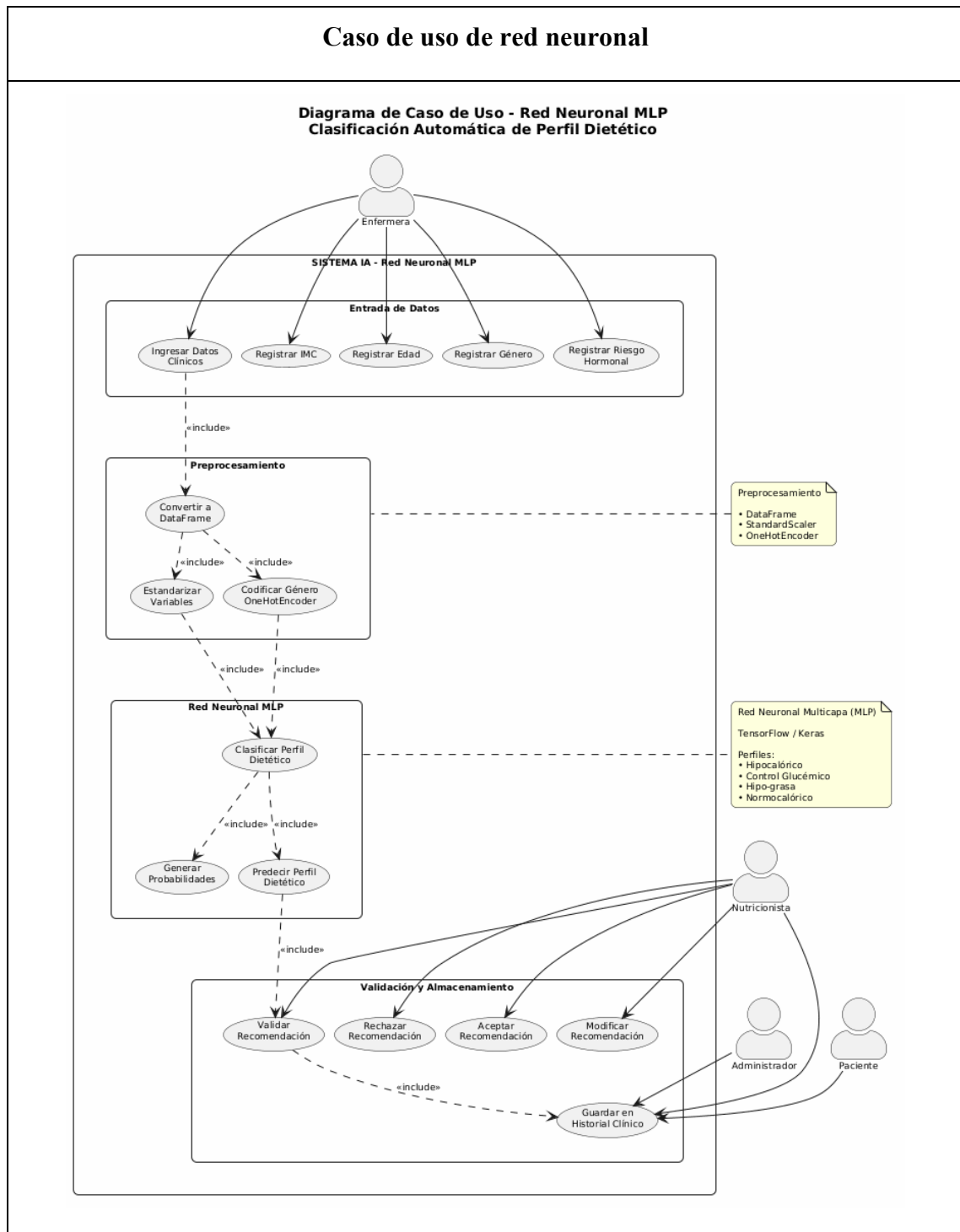


Tabla 26 Caso de uso red neuronal

Caso de uso de Gestión de pacientes	
Actor	Medico
Función	Indicar funcionamiento de la gestión de pacientes y realizar el plan nutricional
Descripción	Las acciones por realizar el médico para gestionar sus pacientes y su plan nutricional
Flujo Básico	1. Al inicio se muestra la interfaz de autenticación. 2. El médico encontrara en el inicio un botón de pacientes. 3. Al ingresar puede visualizar una lista con todos sus pacientes. 4. Dentro del listado, puede visualizar botones de acciones y cada uno mostrara la información del paciente, su información antropométrica y realizar el plan nutricional, comunicarse con el paciente mediante via whatsapp, seguimiento del paciente

Caso de uso de Gestión de pacientes

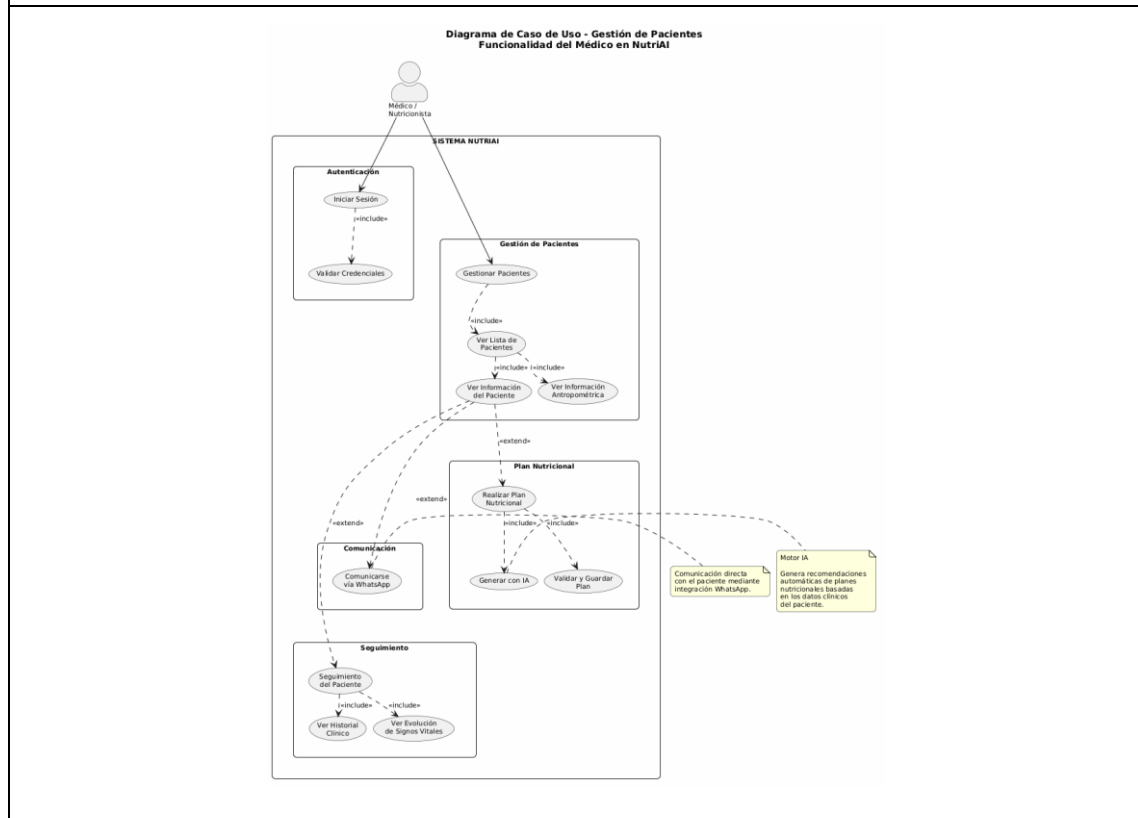


Tabla 27 Caso de uso gestión de paciente

Caso de uso de Gestión de administración	
Actor	Administrador, paciente, médico
Función	Indicar funcionamiento la gestión del administrador
Flujo Básico	1. Al inicio se muestra la interfaz de autenticación. 2. A la izquierda está el menú desplegable. El administrador tiene las opciones de editar perfiles, agregar médico, agregar administrador, agregar paciente, ver informes de la red neuronal, gestionar parámetros de la red neuronal, ver paciente, enfermeras, nutricionistas registrados El nutricionista y paciente pueden registrarse solos también.

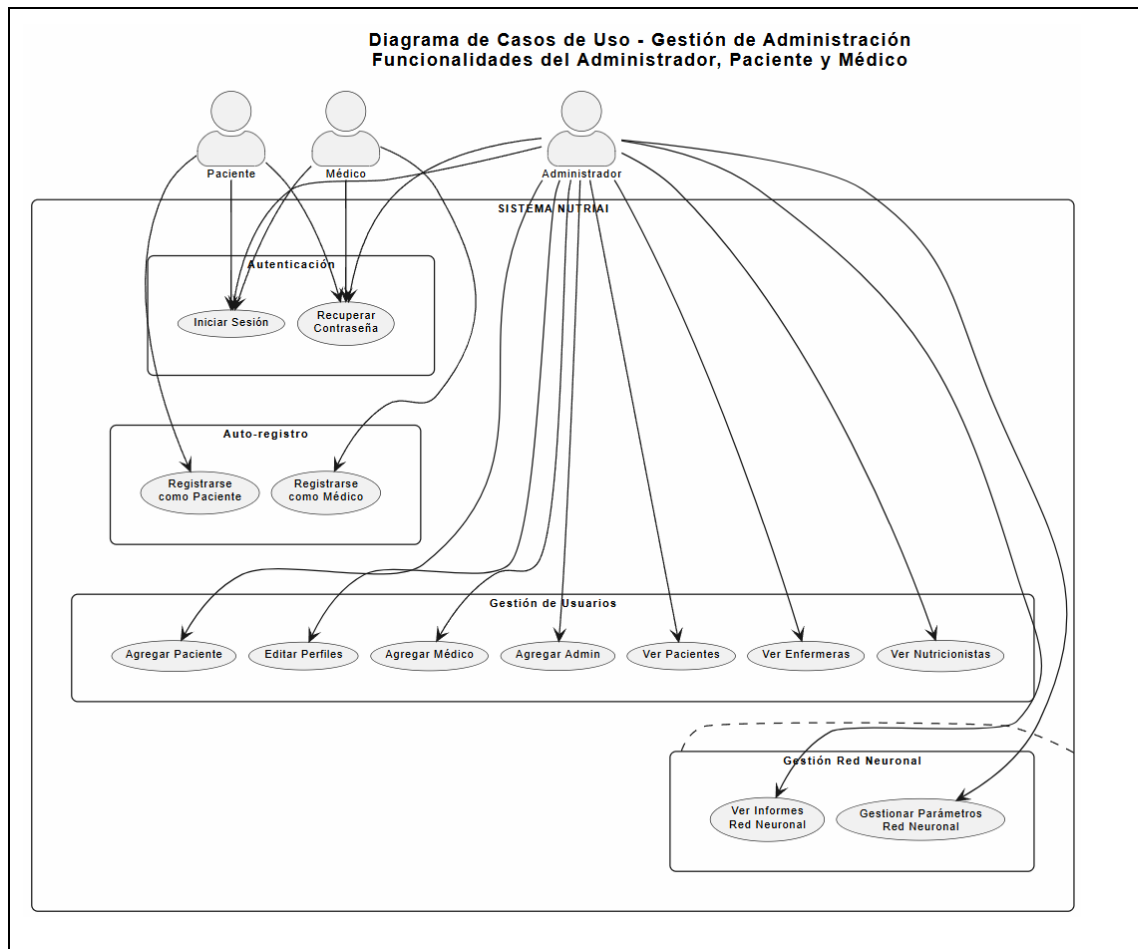


Tabla 28 Caso de uso gestión de administración

2.5.3 Modelado de Datos

El sistema de la base datos NutriPA usa un sistema de gestión de bases de datos relacionales SGBDR diseñado para la organización y gestión de grandes volúmenes de datos[133], está diseñado con un enfoque híbrido y las entidades que requieren integridad como son usuarios y roles se gestionan mediante tablas con claves primarias y foráneas. Los registros clínicos y planes nutricionales se encuentran en columnas de tipo longtext almacenadas en objetos en formato json, permitiendo que los nuevos signos vitales o condiciones metabólicas a un futuro hagan migraciones de base de datos, permitiendo la escalabilidad del sistema a largo plazo,

La estructura de autenticación y autorización forma parte de seguridad y gestión de usuarios que se encuentra en un control de acceso en roles RBAC dirigiendo a cada rol a sus recursos permitidos, estas credenciales de acceso se protegen y son almacenadas mediante hashes generadas con bcrypt, en tanto que los tokens JWT se almacena con

hashes en vez de ser almacenados completos, evitando mitigaciones de riesgos de seguridad.

El soporte de la inteligencia artificial utiliza la tabla de planes nutricionales que actúa como puente entre datos clínicos y recomendaciones automatizadas. No almacena solo el perfil dietético sino también métricas de confianza del modelo, así el nutricionista revisa, valida y ajusta las porciones o alimentos generados por la IA. Esto garantiza que la herramienta actúe como apoyo a la decisión clínica sin reemplazar el criterio profesional.

Para complementar la robustez de esta arquitectura y garantizar la trazabilidad del proceso clínico, el diseño del sistema contempla un mecanismo de auditoría y control de versiones sobre los registros. Dado que las intervenciones del especialista modifican las recomendaciones iniciales generadas por la inteligencia artificial, la base de datos mantiene un historial cronológico de estas actualizaciones, asegurando la transparencia de los ajustes manuales y el cumplimiento de normativas de protección de información médica. Asimismo, para optimizar el rendimiento del enfoque híbrido, se aplican estrategias de indexación sobre las consultas a las estructuras JSON, lo que agiliza la extracción de datos y asegura tiempos de respuesta eficientes en la plataforma, incluso ante el crecimiento exponencial del volumen de pacientes registrados.

Diagrama Entidad-Relación - NutriAI (nutriai_db)
Base de datos MySQL - 21 tablas + 1 vista

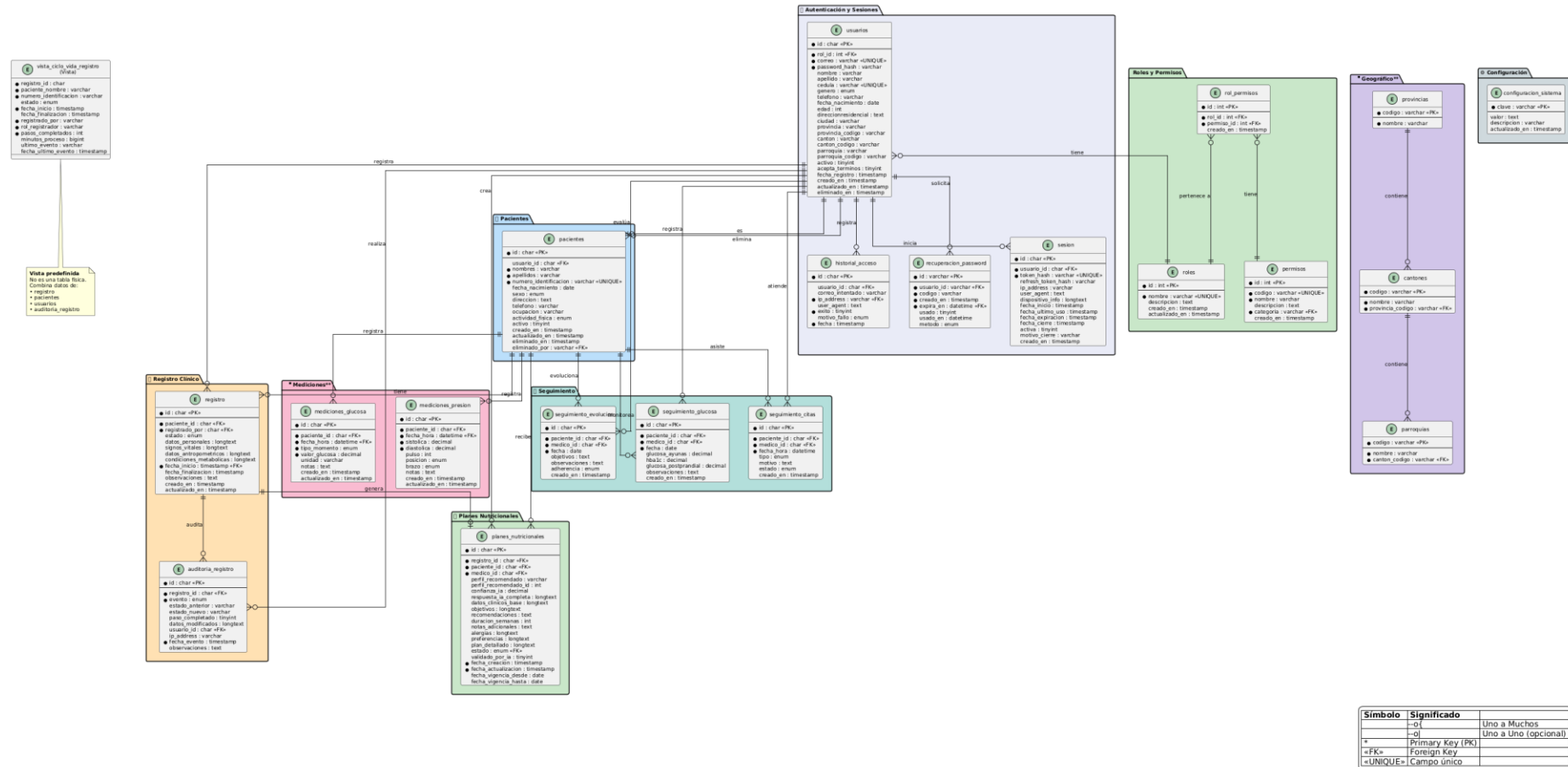


Ilustración 7 Diseño del modelado de dato

2.6 Diseño de interfaces

El diseño de interfaces de usuario en NutriAI se realizó en base a la metodología de Sommerville, que determina como debe interactuar los usuarios con el sistema abordando de manera iterativa el análisis de usuario, el prototipado del sistema, la evaluación de la interfaz y en lo que consiste la interfaz definitiva[134].

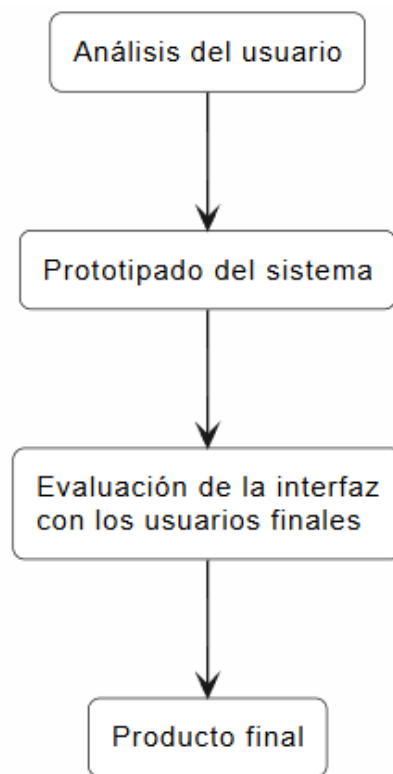


Ilustración 9 Proceso del diseño de la interfaz usuario

Análisis de usuario

Para esta etapa se consideró la identificación de los usuarios que interactuar con el sistema NutriAI, así como las necesidades, objetivos y las diferentes responsabilidades que se toman en el proceso de la atención nutricional, por lo consiguiente se determinaron los 4 perfiles principales que son: administrador, medico, personal de enfermería y paciente.

La parte administrativa requiere de herramientas para la gestión de usuarios, roles, permisos y configuraciones generales del sistema, el medico por su parte necesita acceder a la información clínica del paciente, registrar sus diagnósticos y generar los planes nutricionales de acuerdo con el perfil dietético de acuerdo con el resultado de la red neuronal,

El o la enfermera realizara los registros iniciales de los pacientes, el registro de los datos antropométricos y administrar la información clínica. El paciente consultara sus planes asignados, recomendaciones nutricionales. En base a estos análisis se definieron los requerimientos de usabilidad, accesibilidad y organización de la información que servirán para el diseño de las interfaces.

Prototipo del sistema:

Al tener ya identificadas las necesidades del usuario, se procedió a desarrollar los prototipos de las interfaces del sistema NutriAI, representando visualmente la estructura de navegación, la distribución de los componentes y el flujo de como interactuarán entro los distintos módulos del sistema. Para realizar los diseños del sistema se utilizó Justinmind, que permite crear y probar interfaces de usuario interactivas para aplicación y sitios web [135].

Diseño de interfaz de inicio de sesión en aplicación web: la interfaz de inicio de sesión fue desarrollada con el objetivo de proporcionar una experiencia de usuario sencilla e intuitiva, se presentan los campos como el ingreso de credenciales de correo electrónico y contraseña, incorporando funcionalidades complementarias tales como el de recuperar contraseña luego en caso se nos olvide y el acceso al formulario de registro para los usuarios nuevos.

Diagram illustrating the design of the web login interface. The interface includes a logo at the top, followed by input fields for "Correo Electronico" and "Contraseña", and a button labeled "Iniciar Sesion". Below the login fields, there are links for registration ("¿No tienes una cuenta? regístrate") and password recovery ("¿Olvidaste tu contraseña?").

Ilustración 10 Diseño de interfaz web de Inicio de Sesión

Diseño de interfaz de la aplicación móvil: en la interfaz de inicio de sesión en la aplicación móvil, se mantiene la misma coherencia visual con la versión web, manteniendo las mismas opciones.

El diagrama muestra la interfaz de inicio de sesión de la aplicación móvil. En la parte superior, hay un icono de un círculo con una 'X' dentro. Debajo de este, hay un recuadro que contiene dos campos de entrada. El primer campo está etiquetado como 'Correo Electronico' y el segundo como 'Contraseña'. Ambos campos tienen un icono de un círculo con una 'X' a la izquierda. Debajo de los campos, hay un botón que dice 'Iniciar Sesion'. En la parte inferior del recuadro, hay dos enlaces: '¿No tienes una cuenta? regístrate' y '¿Olvidaste tu contraseña?'.

Ilustración 11 Diseño de interfaz móvil de Inicio de Sesión

Diseño de la interfaz de registro de usuarios: El diseño de la interfaz de registro se conceptualizó y desarrolló bajo un enfoque completamente adaptativo, garantizando una visualización óptima y una experiencia de navegación fluida a través de cualquier dispositivo o resolución de pantalla. Su estructura fue planificada estratégicamente para facilitar el ingreso ágil y seguro de la información personal y las credenciales necesarias. Esto permite no solo identificar y autenticar de manera unívoca a los usuarios, sino también establecer una base sólida para el control de acceso, dirigiendo a cada persona hacia las diferentes áreas y módulos de la plataforma de acuerdo con los privilegios de su rol específico.

Para lograr este nivel de interacción, la arquitectura visual de la interfaz fue construida aplicando rigurosos principios de usabilidad y accesibilidad web. Se incorporaron elementos como etiquetas claras, una jerarquía visual definida y retroalimentación interactiva, asegurando que el sistema sea intuitivo y fácil de operar. Adicionalmente, se implementaron mecanismos de validación de datos tanto del lado del cliente.



Informacion Personal
Complete sus datos para crear una cuenta

Datos personales

☐ ¿Eres paciente? Ingresar tu número de cédula exactamente como est.

Nombre

Apellido

Fecha de nacimiento

Cedula

Genero

Ilustración 12 Ilustración 8 Diseño de interfaz de registro

De acuerdo a los diseños de interfaces principales, se procede a crear los diseños de acuerdo a la paleta de colores para comunicar la especialidad y construir una relación con los pacientes[136] dentro de la plataforma.

Inicio de sesión: la plataforma cuenta con una pantalla principal, es la interfaz para los usuarios autorizados, permite la autenticación mediante correo y contraseña, facilita el acceso rápido a las funcionalidades del sistema, se realiza de esta manera para que el sistema de acceso de acuerdo con el rol establecido en el registro.

Este mecanismo de autenticación opera en estricta coordinación con el sistema de control de acceso de la plataforma. Una vez que las credenciales son verificadas exitosamente en el servidor, el sistema evalúa el perfil del usuario para autorizar y redirigir la navegación de acuerdo con el rol específico asignado durante el proceso de registro. De esta manera, se implementa una arquitectura de permisos robusta que asegura un entorno segmentado, donde cada individuo interactúa con los módulos.

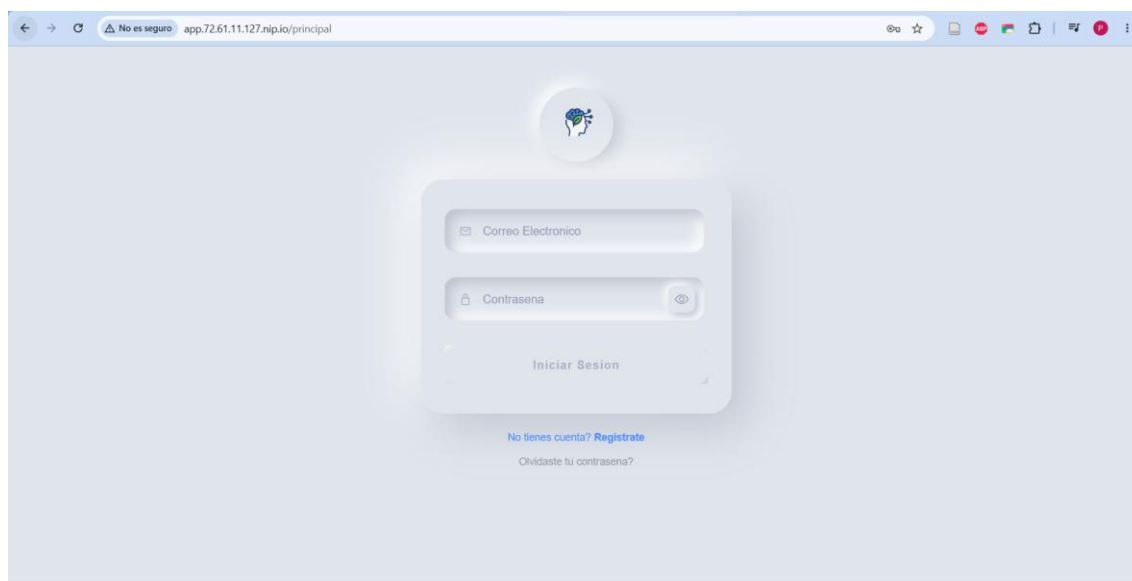


Ilustración 13 Interfaz de pantalla de Inicio sesión

Edición de perfil: dentro de la plataforma cada rol tiene una interfaz para que puedan editar su información personal como el perfil, su ubicación, su correo electrónico y su contraseña.

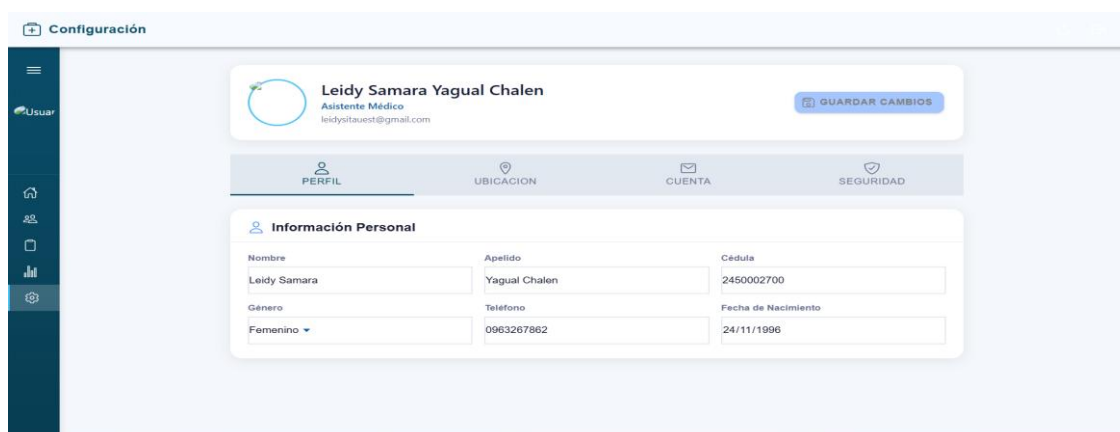


Ilustración 14 Interfaz edición de perfil

Registro de usuarios: El módulo se tiene una interfaz estructurada en torno a un formulario centralizado, diseñado para optimizar la captura inicial de datos. Este componente tiene como objetivo recopilar, de manera sistemática y segura, la información esencial de cada nuevo individuo. Para mantener un orden lógico, el formulario segmenta la entrada de datos solicitando detalles personales de identificación, información de contacto para establecer canales de comunicación efectivos, y las credenciales de acceso que salvaguardarán la integridad de la cuenta.

← Crear Cuenta

Para salir de la pantalla completa, mantén pulsado **ESC**

Información Personal
Complete sus datos para crear una cuenta

Datos Personales

¿Eres paciente?
Ingresa tu **número de cédula** exactamente como está registrado en el sistema y selecciona el rol **"Paciente"**. Tus datos se completarán automáticamente.

Nombre *
Ingresa su nombre

Apellido *
Ingresa su apellido

Fecha de Nacimiento *
dd/mm/aaaa

Edad calculada

Cédula *
Ej: 1712345678

Género *
Selecciona ▼

Teléfono *
Ej: 0991234567

Correo Electrónico *
ejemplo@correo.com

Ubicación en Ecuador

Ilustración 15 Interfaz de registro general parte 1

← Crear Cuenta

Ubicación en Ecuador

Dirección de Residencia
Ej: Av. Principal y Calle Secundaria

Ciudad
Ej: Quito, Guayaquil, Cuenca...

Provincia *
Selecciona ▼

Cantón *
Selecciona cantón ▼

Parroquia
Selecciona parroquia ▼

Ⓜ Los cantones y parroquias se actualizan automáticamente según su selección.

Seguridad y Configuración

Contraseña *
Mínimo 8 caracteres

Confirmar Contraseña *
Confirmar contraseña

Rol en el Sistema *
Selecciona su rol ▼

☒ Acepto los **Términos y Condiciones** y la **Política de Privacidad**

Ilustración 16 Interfaz de registro general parte 2

Interfaz principal del médico: la interfaz principal del médico presenta un diseño funcional estructurado en tres áreas, la parte superior se encuentra el header con el icono de un hospital, a la izquierda se encuentra un menú de navegación con accesos rápidos, a la izquierda se despliega un sidebar que contiene el menú principal, el dashboard muestra tarjetas de estadísticas

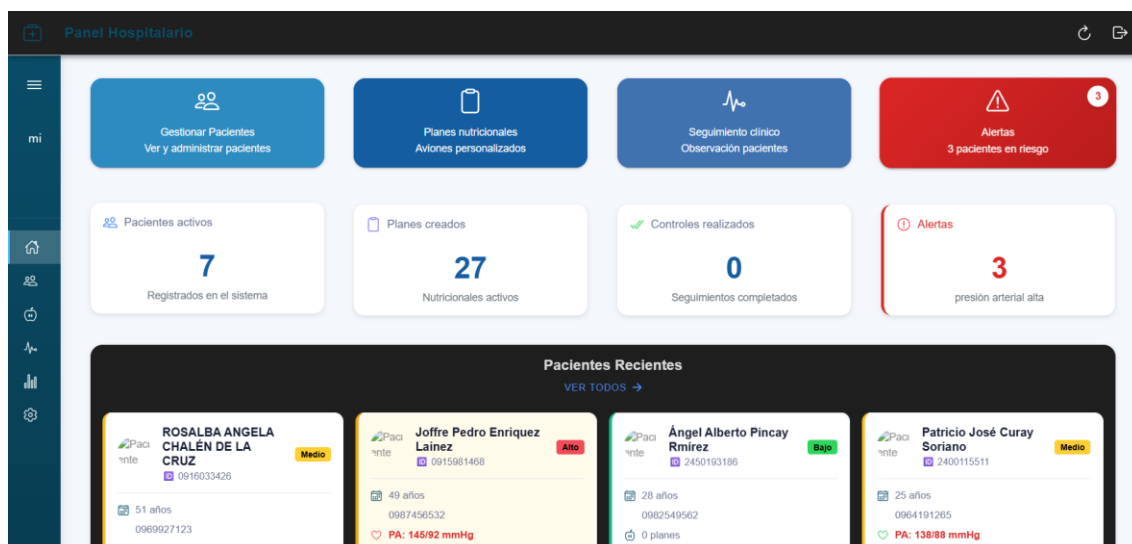


Ilustración 17 Interfaz principal del médico

Interfaz de pacientes: la interfaz de la gestión de pacientes se estructura el listado completo de los pacientes asignados, muestra datos como nombre y apellidos, cedula, teléfono, sexo, edad y actividad física, el medico además puede realizar acciones como acceder a su seguimiento clínico, contactarlo directamente al WhatsApp o eliminar su registro.

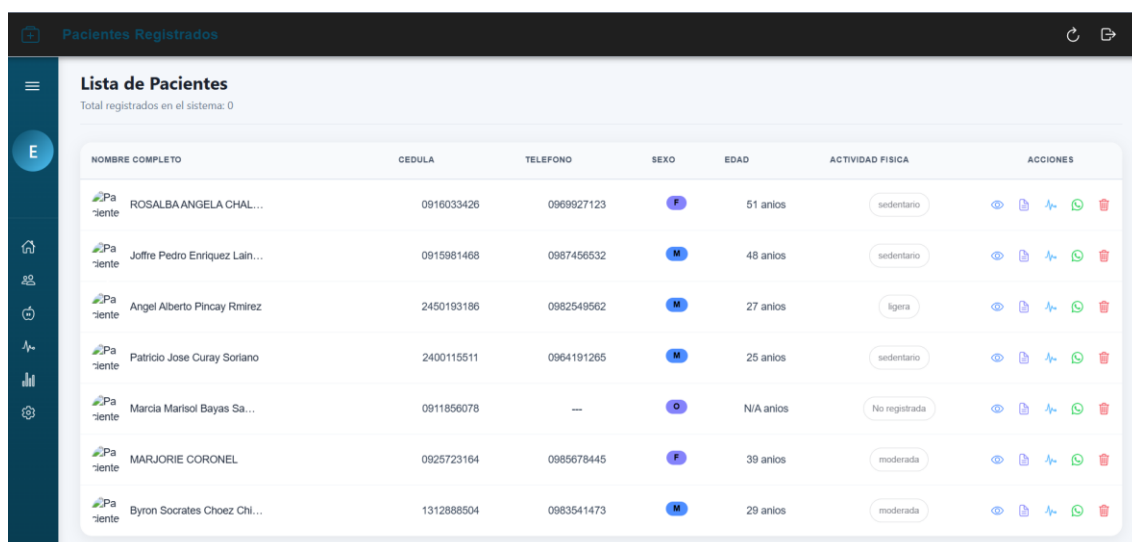


Ilustración 18 Interfaz principal gestión de pacientes

Interfaz de consulta del paciente: aquí en esta sección el medico tiene el historial clínico completo del paciente seleccionado, visualiza sus datos personales, se muestra un resumen clínico de las últimas mediciones registradas por enfermería, se organizan de acuerdo a tarjeta métricas que incluyen presión arterial, frecuencia cardiaca, temperatura,

SpO2, peso, talla IMC y su glucosa en ayunas.

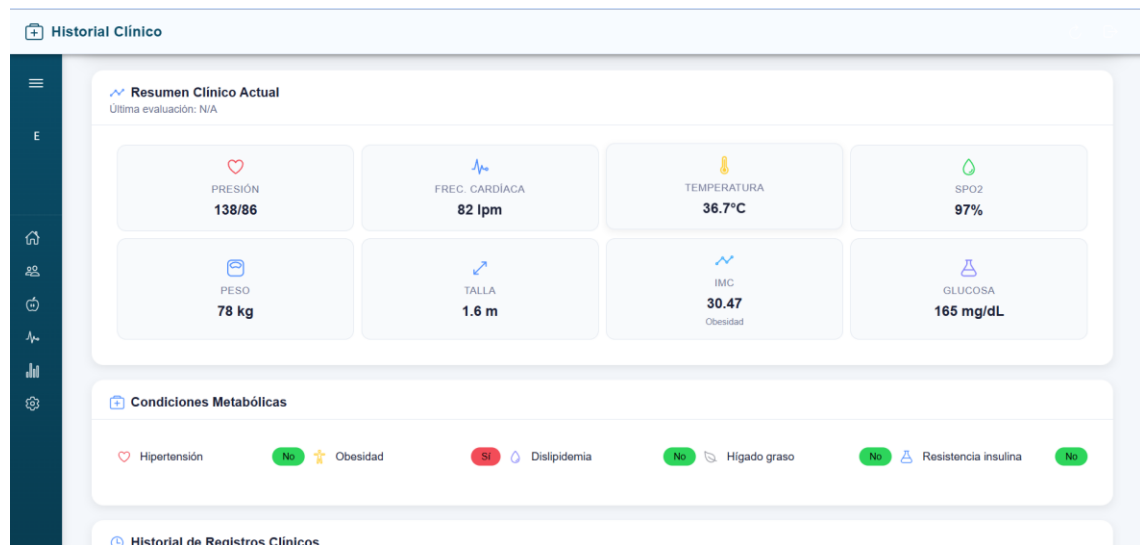


Ilustración 19 Interfaz de consulta del paciente

Interfaz del perfil nutricional: en esta sección se diseña el plan nutricional personalizado para el paciente, se resumen la información del paciente como imc, peso, talla y cintura, también valores metabólicos como glucosa en ayunas, HbA1c y nivel de actividad física, se muestra también la recomendación de la IA es decir analiza los datos clínicos y da como resultado el perfil dietético según el protocolo PAM.

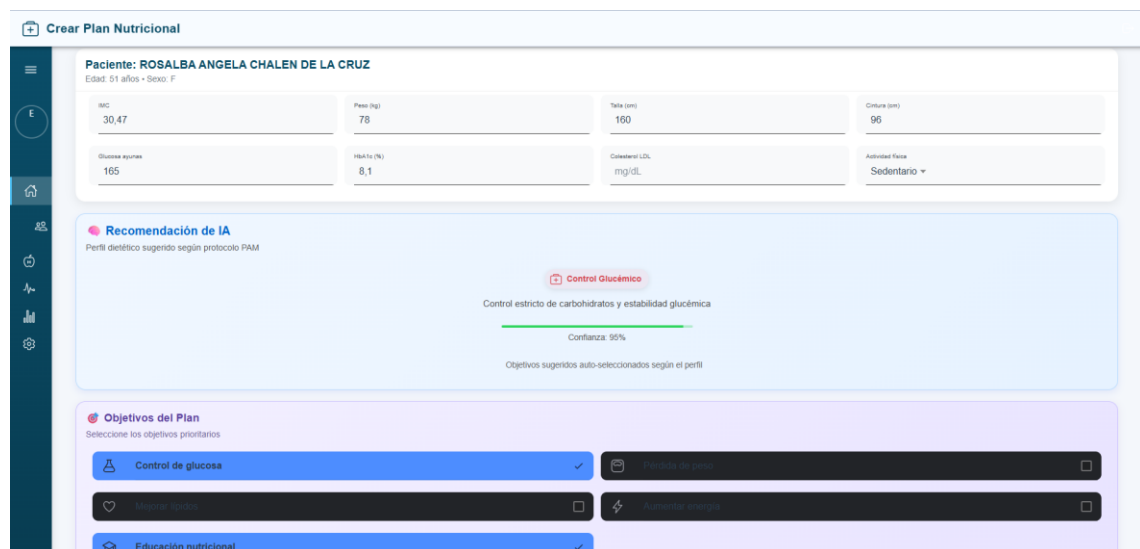


Ilustración 20 Interfaz del perfil nutricional

Interfaz del plan nutricional: de acuerdo con el perfil dietético generado por la IA se completa y se visualiza el plan alimenticio completo elaborado para el paciente, ya sea

hipocalórico, control glucémico, hipo-grasa y normo calórico, los alimentos fueron obtenidos de la base de datos de USDA FoodData, se muestra la distribución de los macronutrientes mediante barras visuales y las restricciones alimentarias.

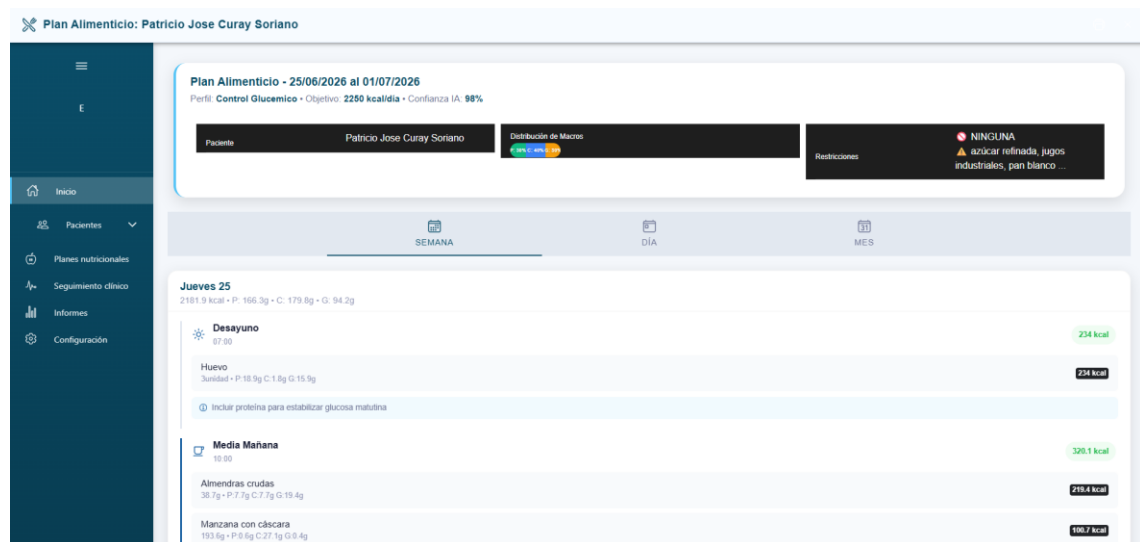


Ilustración 21 Interfaz del plan nutricional

Interfaz principal de enfermería: en esta sección el asistente accede al panel central de la gestión clínica, contiene un menú lateral para navegar a las distintas áreas del sistema, el panel principal se divide en acciones rápidas, un panel de estadísticas y por ultimo una barra de progreso visual y alertas si los hubiera.

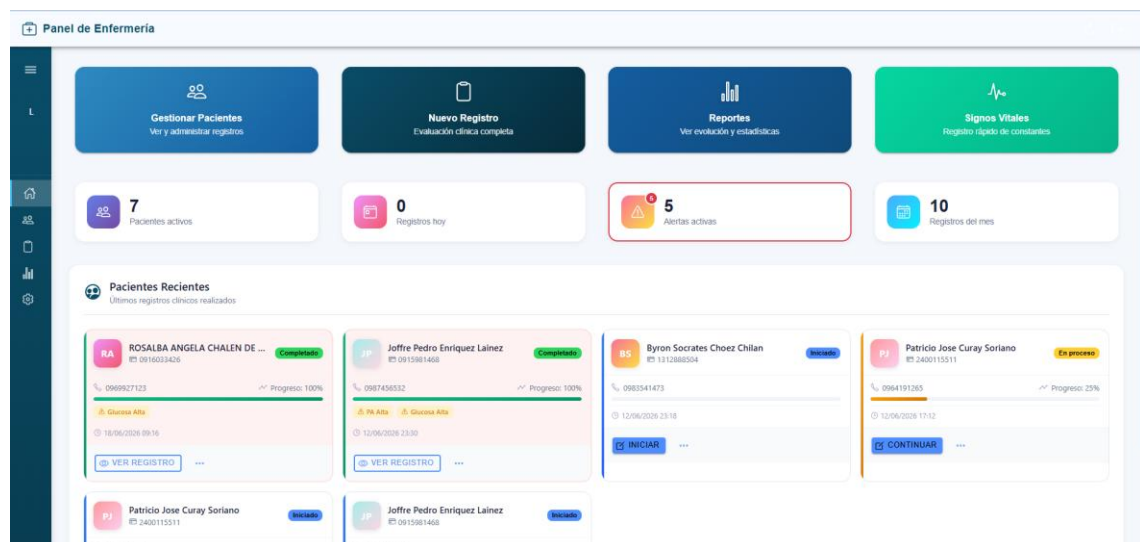


Ilustración 22 Interfaz principal de enfermería

Interfaz de registro: al seleccionar la opción nuevo registro, ya sea en el menú lateral o en

el panel de acciones rápidas se despliega una ventana emergente donde ingresaran la cedula de 10 dígitos, validando la cedula ecuatoriana verificado por el número de provincia, el tercer digito y el digito verificador. Además, si el paciente ya existe en la base de datos el sistema lo identifica y lo marca como una nueva cita.

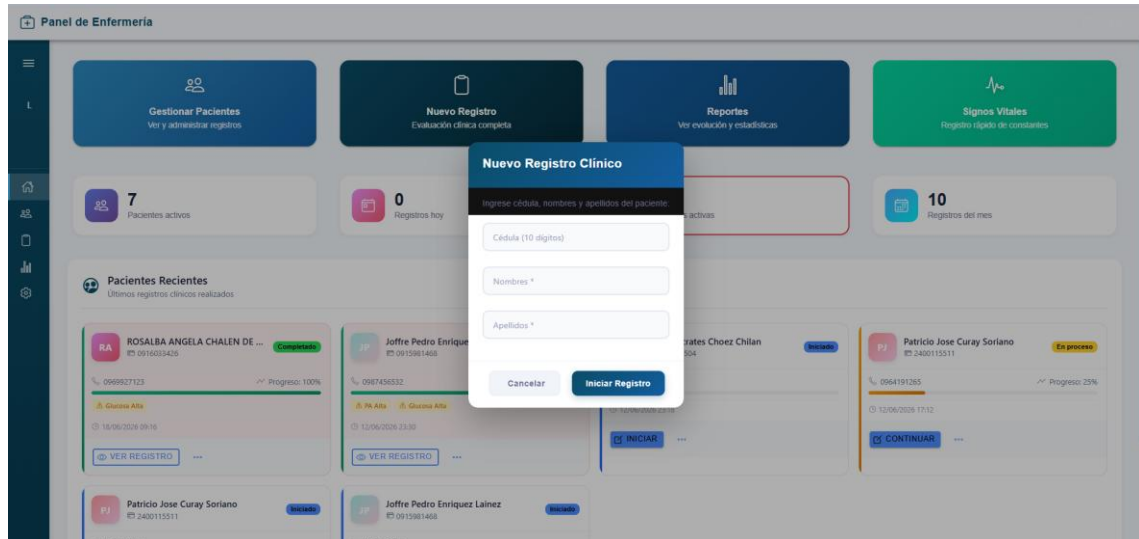


Ilustración 23 Interfaz de registro de enfermería

Registro de datos básicos: en esa sección quien registra al paciente se detecta tres posibles escenarios si el paciente es nuevo se tendrá que completar todos los datos, si es nueva cita se indicara que los datos básicos como nombre y cedula ya han sido cargados automáticamente, mientras que el otro caso es si es un registro previo es decir que se quedó sin completar los datos se cargaran y se abrirá la página que deberá completar

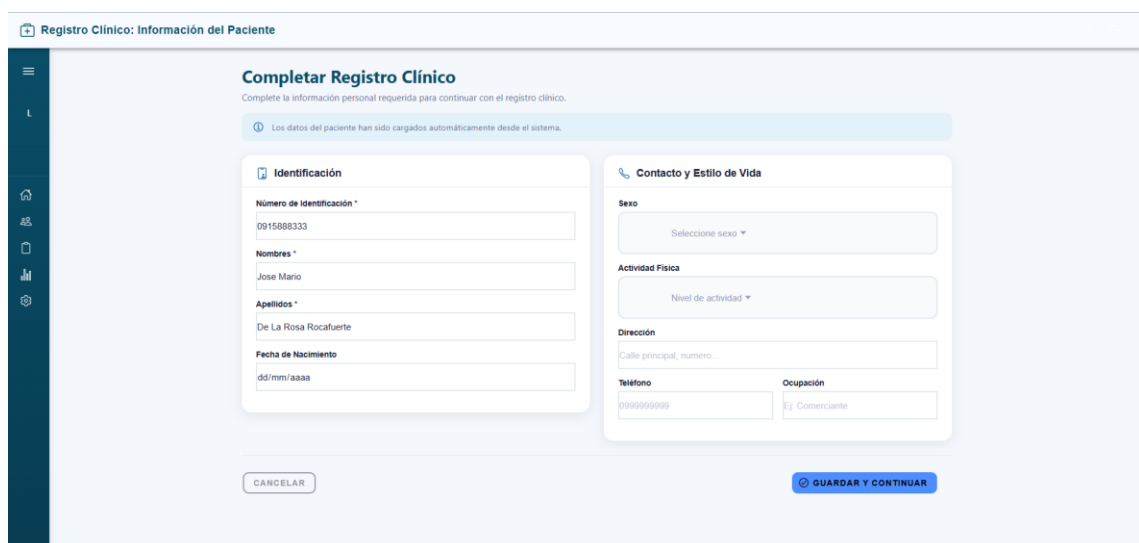


Ilustración 24 Registro de datos básicos del paciente

Registro de signo vitales: luego de haber completado los datos básicos, la interfaz de los signos vitales permitirá elegir el perfil del paciente y se aplica automáticamente rangos de validación al perfil. Este formulario incluye frecuencia cardiaca, presión arterial, frecuencia respiratoria, temperatura corporal, cada uno de estos campos muestra alertas cuando los valores están fuera de los parámetros esperados.

Ilustración 25 Registro de signo vitales del paciente

Registro de información antropométrica: en esta sección se registrarán las medidas corporales del paciente, calculando su IMC y evaluar su estado nutricional. Los campos a ingresar serán el peso en kilogramos y la talla en metros, calculando automáticamente el IMC clasificando en bajo peso (menos de 18.5), normal (18.5 a 24.9), sobrepeso (25 a 29.9) u obesidad (30 o más).

Ilustración 26 Registro de información antropométricas del paciente

Registro de información metabólicas: ya en la última sección se identifican las condiciones metabólicas que presenta para personalizar el plan del cuidado, se presenta un resumen del paciente, en el listado de las condiciones metabólicas se indica por interruptores que se activaran siempre y cuando el medico crea conveniente, el que se activara automáticamente será si cumple con sobrepeso o no.

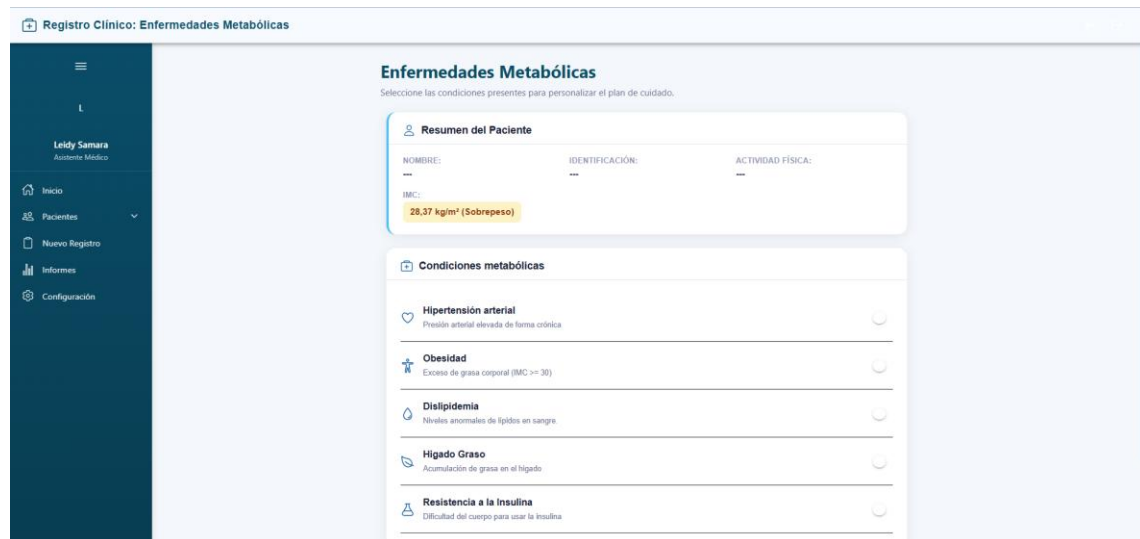


Ilustración 27 Registro de información metabólicas

Interfaz principal del administrador: esta interfaz constituye el panel de control centralizado del sistema NutriAI, diseñado con un enfoque de alto nivel para dotar al perfil de administrador de una visión panorámica y un control total sobre el entorno operativo.

La arquitectura de navegación se estructura mediante un menú lateral izquierdo, el cual organiza jerárquicamente los módulos de gestión más críticos de la plataforma: administración integral de usuarios, control del personal médico, gestión de pacientes, generación de reportes analíticos y configuración de parámetros globales del sistema. Para maximizar la eficiencia operativa, el panel central incorpora una sección de acciones rápidas orientada a agilizar las tareas administrativas más frecuentes. Finalmente, con el objetivo de garantizar la seguridad, integridad y trazabilidad de la información, la interfaz despliega un módulo de auditoría visual que registra de manera cronológica todas las acciones y eventos transaccionales ejecutados recientemente por los distintos actores dentro de la plataforma.

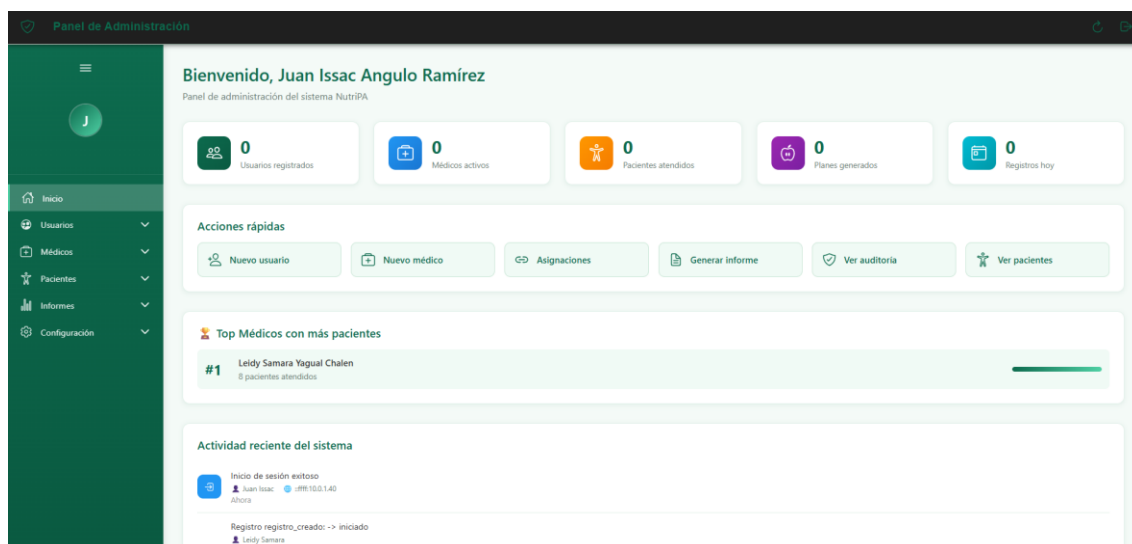


Ilustración 28 Interfaz de administrador

Interfaz de administrador de todos los usuarios: en esta sección el administrador podrá ver y administrar todos los usuarios registrados en NutriAI, cada usuario tendrá su tarjeta individual que muestra sus nombres completos, correo electrónico y un color indicando si el registro se encuentra activo o inactivo además de mostrar el rol con el que se registró.

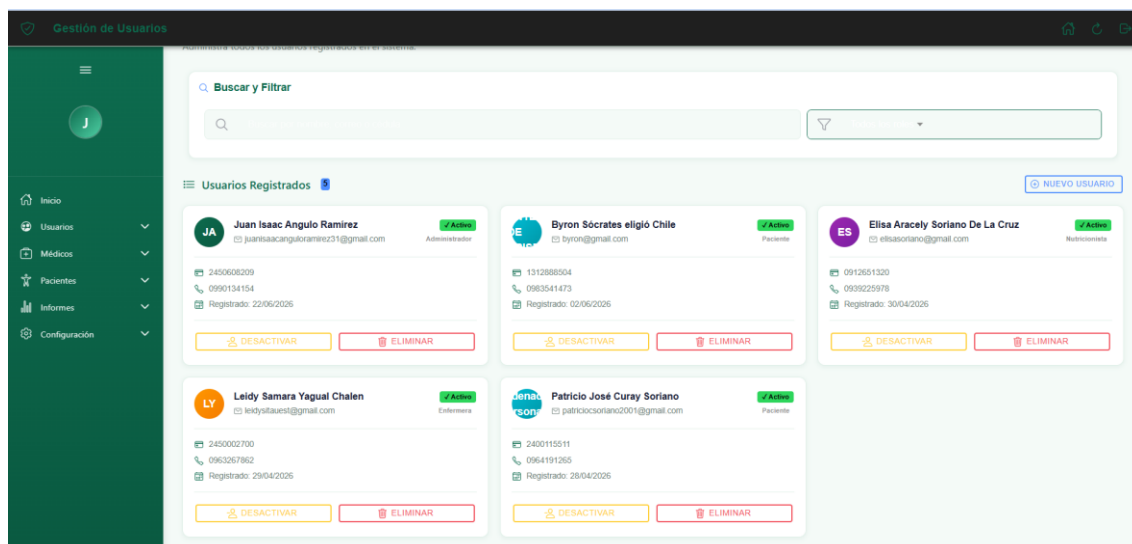


Ilustración 29 Interfaz personal

Interfaz del personal: en esta interfaz el administrador podrá ver y gestionar todo el personal de salud registrado en el sistema, cada miembro aparece con una tarjeta individual que muestra el título profesional y su nombre, incluye también información adicional como su cedula, teléfono y la fecha que se registró.

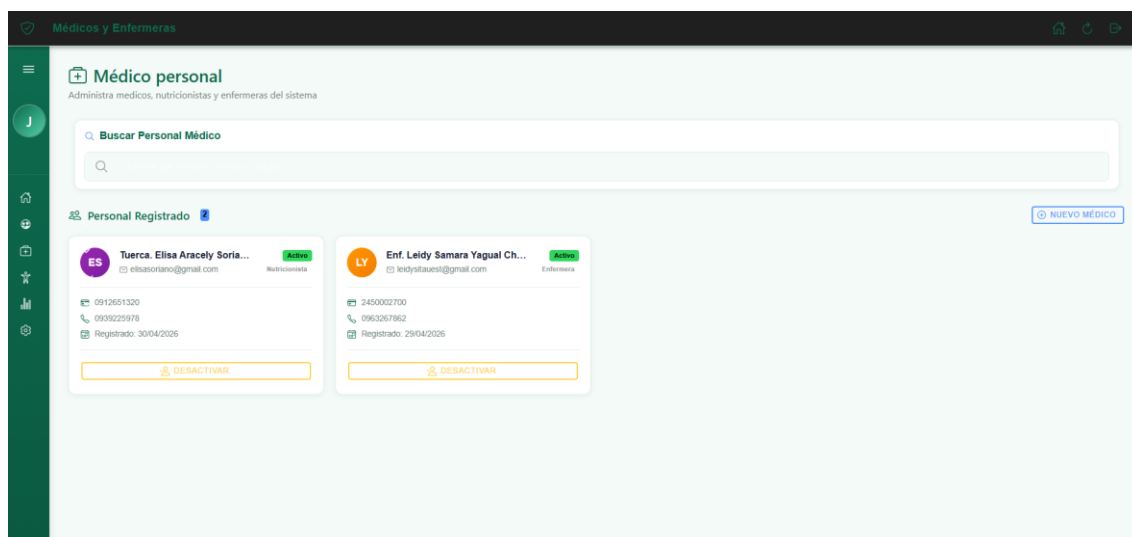


Ilustración 30 Interfaz de pacientes registrados

Interfaz de pacientes registrados: en esta interfaz el administrador podrá ver la información de todos los pacientes que han sido atendidos en el sistema de NutriAI, se podrá filtrar por pacientes ya sea por nombre o por número de cedula.

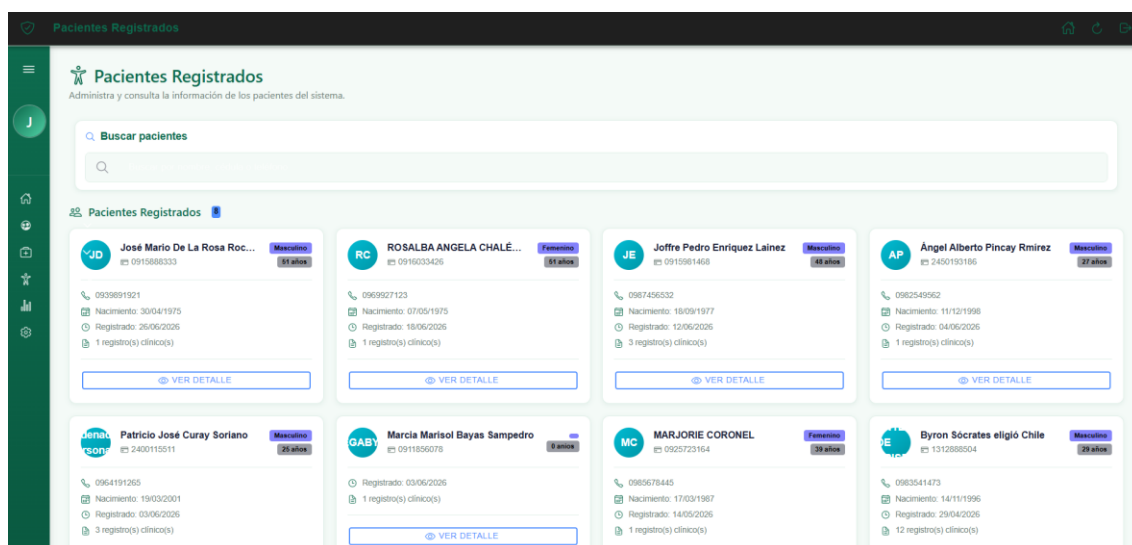


Ilustración 31 Interfaz de informes globales del sistema

Interfaz de informes globales del sistema: en esta interfaz se muestra indicador de KPIs muestra el total de pacientes registrados, el total de registros clínicos realizados, el total de planes nutricionales generados y la cantidad de médicos en el sistema. Se muestra un gráfico de barras verticales que muestran la evolución mensual de los nuevos pacientes,

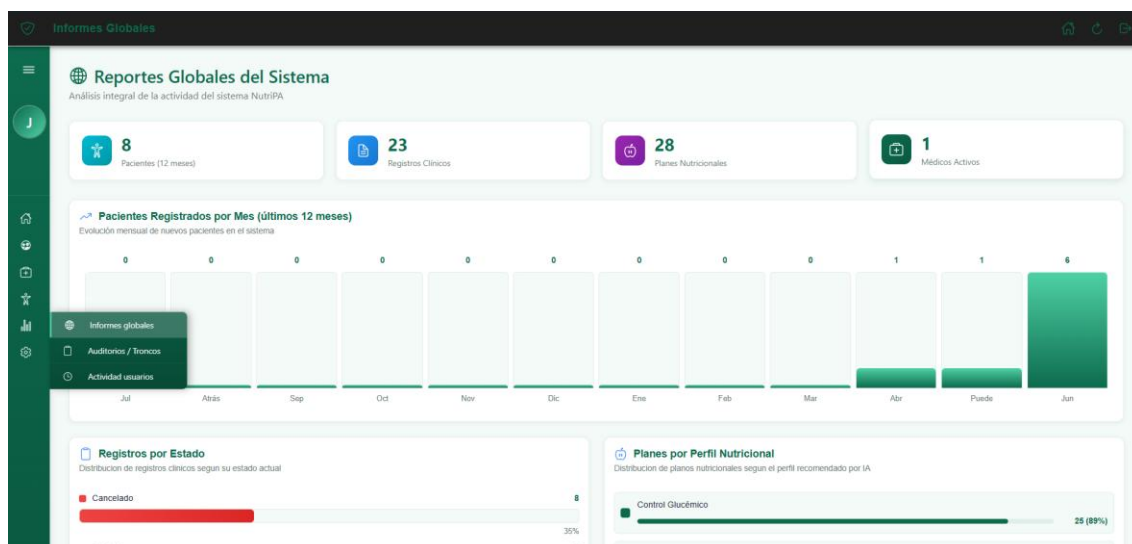


Ilustración 32 Interfaz principal de paciente

Interfaz principal de paciente: cuando el paciente inicia sesión se despliega al panel principal de pacientes, dentro se mostrará un recordatorio de cita que el medico asigno donde tendrá que confirmar su asistencia o cancelarla, también tendrá un saludo personalizado con el nombre del paciente.

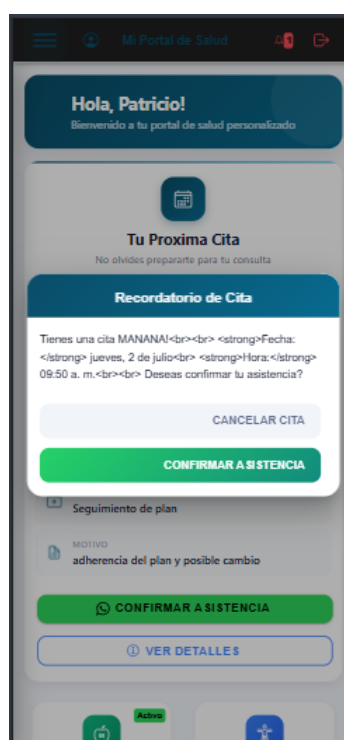


Ilustración 33 Interfaz principal de paciente

Interfaz principal de ver el plan en paciente: en esta interfaz se presenta el plan alimenticio

que fue asignado al paciente, se organiza por semanas que permiten visualizar el plan diario, semanal o mensual, se muestran los alimentos distribuidos en las principales comidas

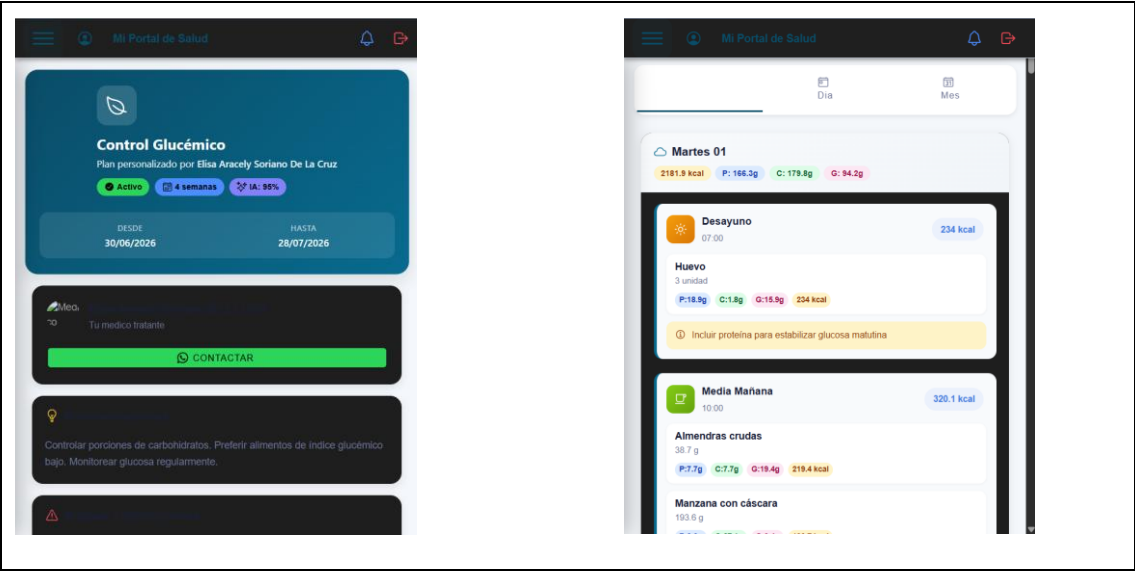


Ilustración 34 Interfaz principal de ver el plan en paciente

2.7 Pruebas

Las pruebas de la aplicación son una etapa importante en el ciclo del desarrollo, permiten verificar que el sistema cumpla los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos,

Pruebas de funcionalidad: se realizaron pruebas de funcionalidad, para verificar su funcionamiento y tener los resultados esperados por el usuario.

Prueba N1 Ingreso al sistema	
Objetivo	Comprobar que funcione correctamente tanto en la aplicación web como en la móvil con su usuario y contraseña.
Roles	Todos los roles del sistema: Administrador, Médico/Nutricionista, Enfermera y Paciente.

Nivel de complejidad		bajo		
Resultado: El usuario accede correctamente al panel correspondiente a su rol (Dashboard médico, Panel de enfermería, Panel del paciente o Panel de administrador).	Resultado exitoso:	x	Resultado Fallido	
Escenario N1 Ingreso de datos correctos				
Datos de entrada		Resultados esperados		
Ingreso de credenciales Correo electrónico y contraseña		El sistema valida las credenciales, gera un token jwt valido y dirige automáticamente al usuario al panel correspondiente según su rol		
Escenario N2 Ingreso de datos incorrectos				
Datos de entrada		Resultados esperados		
Ingreso de credenciales correo electrónico y contraseña incorrectos		El sistema rechaza el intento de inicio de sesión, no gener un token jwt y manda un mensaje de alerta de credenciales invalidas		

Tabla 29 Caso de prueba - Ingreso al sistema

Prueba N2 Registro de pacientes	
Objetivo	Comprobar que el personal de enfermería pueda iniciar correctamente un nuevo registro clínico validando la cedula

	ecuatoriana y detectando si el paciente ya existe o no en el sistema
Datos de entrada	Resultados esperados
1. Cedula validad con 10 dígitos, dígitos verificadores correcto y provincia validada 2. Ingreso de nombres y apellidos	1. El sistema valida que contenga los 10 dígitos, verifica el código de provincia, valida que el 3 número sea menor a 6 por personas naturales y calcula el dígito verificador usando algoritmo de módulo 10. 2. Consulta en la base de datos y detecta si el paciente no existe previamente, si no es así crea un nuevo registro y muestra un mensaje de registro iniciado.
Escenario N1 Ingreso de datos básicos del paciente	
Datos de entrada	Resultados esperados
Cedula validada Muestra nombres y apellido Ingreso de fecha nacimiento Elegir sexo del paciente Ingreso de actividad física Ingreso de dirección Ingreso de número celular Ingreso de ocupación Clic en el botón guardar	1. El sistema valida que el número de identificación tenga los 10 dígitos 2. Verifica que nombre y apellidos contenga solo letras 3. Valida y calcula automáticamente la edad con su fecha de nacimiento 4. Verifica que todos los campos estén completos 5. Si el paciente ya existía se cargan los campos de cedula y nombre y apellido 6. Guarda los datos y muestra un

	mensaje de confirmación de datos guardados
Escenario N2 Ingreso de signos vitales	
Datos de entrada	Resultados esperados
Selección de perfil del paciente Ingreso de frecuencia cardiaca, presión arterial, frecuencia respiratoria, temperatura corporal, saturación de oxígeno, glucosa en ayunas, glucosa postprandial, hemoglobina glicosilada	Cada campo muestra un indicador visual de color junto al valor, si el valor esta fuera del rango se muestra un mensaje que están fuera del rango establecido. Los campos glucosa postprandial y HbA1c pueden dejarse en blanco sin bloquear el avance Al guardar se muestra un mensaje de confirmación de signos vitales guardados correctamente
Escenario N3 Ingreso de información antropométrica	
Datos de entrada	Resultados esperados
Ingreso de peso y talla, circunferencia de cintura	El sistema valida que peso y talla estén completos y contenga valores coherentes Al ingresar peso y talla, el sistema automáticamente calcula el IMC
Escenario N4 Ingreso de información metabólicas	
Datos de entrada	Resultados esperados
Se muestra un resumen del paciente Se selecciona las condiciones metabólicas mediante interruptores como hipertensión	Se muestra el resumen del paciente con los datos ingresados en los pasos anteriores El personal de enfermería activa o

arterial cuando su presión es elevada, el sobrepeso se activa si el paciente presenta un IMC ≥ 25 y resistencia a la insulina	desactiva cada condición metabólica según la evaluación clínica realizada
--	---

Tabla 30 Caso de prueba - registro de paciente

Prueba N3 Gestión de pacientes del médico	
Objetivo	Comprobar que el médico o nutricionista pueda visualizar, buscar, consultar y gestionar correctamente a sus pacientes asignados
Escenario N1 Ingreso del Medico	
Datos de entrada	Resultados esperados
El medico accede al menú lateral ver pacientes	El sistema carga los pacientes registrados por enfermería, se presenta con una tabla con columnas, nombres completos, cedula, teléfono, sexo, edad y actividad. Se muestra botones de acción rápida como ver historial clínico, seguimiento clínico, contactar por WhatsApp y eliminar paciente
Escenario N2 Consulta del expediente clínico del paciente	
Datos de entrada	Resultados esperados
Clic en el botón ver historial clínico	Se muestra los datos personales del paciente. Se muestra el resumen clínico actual de las últimas mediciones registradas por enfermería organizadas por tarjetas

	métricas. Se presenta condiciones metabólicas Se muestra el historial de registros clínicos indicando la fecha de finalización.
Escenario N3 Acceso al plan alimenticio	
Datos de entrada	Resultados esperados
Visualizar el plan alimenticio	Se visualiza el nombre del paciente, rango de fechas del plan, el perfil dietético asignado por la IA, objetivo calórico diario y el porcentaje de confianza del modelo. Se muestran datos de la distribución de macronutrientes mediante barras visuales y las restricciones alimentarias. Se puede navegar entre semanas, día y mes Se encuentra disponibles los botones de acción como descargar PDF.
Escenario N4 Creación del plan nutricional con IA	
Datos de entrada	Resultados esperados
Datos del paciente cargados automáticamente: nombre, edad, sexo, IMC, peso, talla, circunferencia de cintura, glucosa en ayunas. Se muestra la recomendación de la IA indicando el perfil dietético sugerido	La interfaz muestra el perfil recomendado, mostrando la barra de confianza que indica la confianza del modelo. Cabe recalcar que la red neuronal no genera los alimentos del plan solo determina cual de los cuatro perfiles dietéticos PAM es el

Se muestra los objetivos del plan seleccionados por la IA Se ingresa las preferencias y la situación económica	mas apropiado Se selecciona las preferencias alimentarias del paciente Se agrega recomendaciones personalizadas como alergias y restricciones alimentarias Se guarda la información y el sistema utiliza el perfil dietético consultando la API de la base de datos USDA FoodData para obtener los alimentos que corresponde a ese perfil
Escenario N5 Contacto rápido con el paciente por WhatsApp	
Datos de entrada	Resultados esperados
Clic en el icono de WhatsApp en algún paciente específico	El sistema abre automáticamente WhatsApp web o la aplicación móvil con una nueva conversación dirigida al número registrado del paciente. Si el paciente no tiene registrado número de teléfono, el sistema muestra un mensaje indicando que no se puede establecer la comunicación. El medico puede redactar y enviar un mensaje directo para recordatorios, indicaciones o seguimiento personalizados.

Tabla 31 Caso de prueba Gestión de pacientes del médico

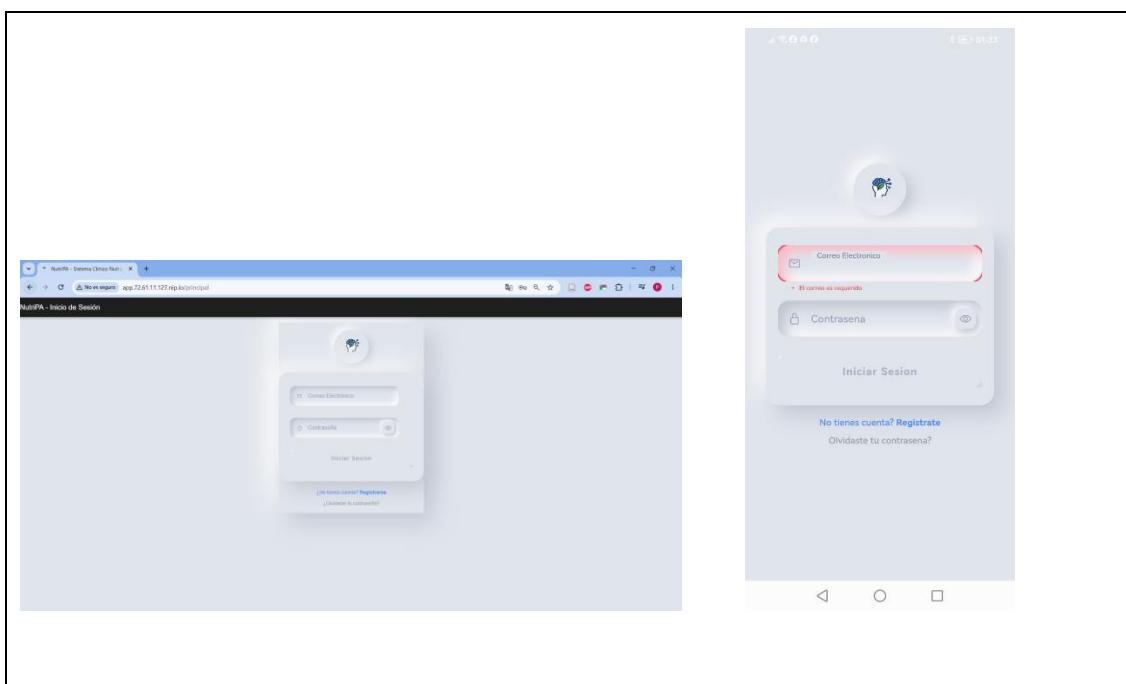
Prueba N4 Gestión administrativa	
Objetivo	Comprobar que el administrador pueda gestionar todos los componentes del sistema NutriAI
Escenario N1 Acceso al panel principal	
Datos de entrada	Resultados esperados
Inicio de sesión con credenciales	El sistema redirige al panel de administración Se visualiza tarjetas de estadísticas con los valores actuales: usuarios registrados, médicos activos, pacientes atendidos, planes generados y registros por día
Escenario N2 Gestión del personal medico	
Datos de entrada	Resultados esperados
Acceso a médicos	El sistema muestra el listado del personal Se logra buscar por cedula Se muestra el título del profesional Se puede activar o desactivar al medico
Escenario N3 Gestión de los pacientes registrados	
Datos de entrada	Resultados esperados
Acceso a pacientes	El sistema muestra el listado de pacientes registrados Se puede hacer un filtrado por cédula o por nombres

	Se muestran datos como nombres completos, cedula, sexo, edad, teléfono, fecha de nacimiento, fecha de registro y cantidad de registros clínicos
Escenario N4 visualización de reportes globales	
Datos de entrada	Resultados esperados
Acceso a reportes globales	El sistema muestra indicadores KPIs de pacientes registrados, el total de registros clínicos, total de planes nutricionales generados. Se presenta la distribución de planes nutricionales por perfil dietético

Tabla 32 Caso de Prueba - Gestión administrativa

Pruebas de diseño responsivo:

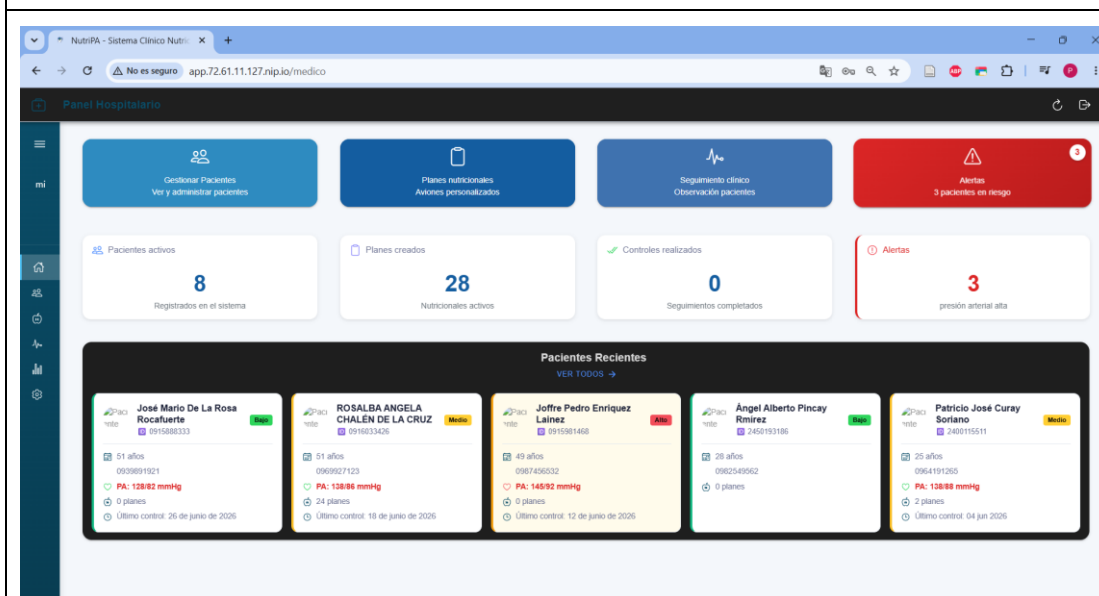
Prueba N5 Prueba de la interfaz web					
Objetivo			Comprobar todas las interfaces del sistema NutriAI se adapten a diferentes tamaños de pantalla		
Resultado: Todas las interfaces se visualizan correctamente en cualquier dispositivo	Resultado exitoso:	x	Resultado Fallido		
Escenario N1 Interfaz de inicio de sesión					
Resultados esperados					



Los elementos se adaptan sin ningún problema

Escenario N2 Interfaz Principal

Resultados esperados



Los elementos de texto, tarjetas, botones, menús se adaptan sin ningún problema

Ilustración 35 Caso de Prueba - interfaz web

2.8 Resultados

El sistema que se desarrolló en este trabajo de titulación es fundamentado con técnicas de aprendizaje profundo derivado a redes neuronales supervisadas con multicapa, que permiten clasificar a los pacientes en cuatro perfiles dietéticos según el protocolo PAM: hipocalórico, control glucémico, hipograsa y normocalórico, facilitando la toma de decisiones clínicas al proveer al nutriólogo una recomendación sin reemplazar el criterio del especialista.

El modelo de la red neuronal fue entrenado con un dataset de 39.397 muestras clínicas que fueron depuradas de las cuales 6 variables fueron las características de entrada edad, género, peso, talla, IMC y presencia de diabetes. La arquitectura de este modelo contiene 3 capas ocultas de 64, 32 y 16 neuronas, se usa ReLU, capas de BatchNormalization y Dropout con una tasa de 0,3 para la prevención de sobreajuste y la capa de salida que son de 4 neuronas activándose con Softmax para la clasificación multiclase.

Perfil dietético	Clase	Número de muestras	Porcentaje
Normo calórico	3	13,088	33,22%
Hipograsa	2	12,940	32,85%
Hipocalórico	0	9,027	22,91%
Control glucémico	1	4,342	11,02%
Total	-	39,397	100%

Tabla 33 Distribución de clase por perfil dietético

En la tabla 33 se observa que la clase normocalórico representa un total de 33,22% equivalente a 13,088 muestras, seguida por hipograsa con un 32,85% equivalente a 12,940 muestras, hipocalórico con 22,91% con 9,027 muestra y la clase minoritaria llamada control glucémico con un total de 4,342 equivalente a 11,02%, para poder mitigar este desbalance se aplicaron pesos de clases asignado 2.268 a la clase glucémico para así penalizar con mayor fuerza errores dentro de esta categoría

Matriz de confusión: se muestra las predicciones del modelo, se comete 32 errores de clasificación de 7.880 predicciones equivalente a una tasa de error de 0.41% estos errores son de las clases hipocalórico y hipograsa, que fueron clasificados 17 pacientes erroneamente con la clase hipocalórico y 10 pacientes con la clase hipograsa y 5 pacientes normocaloricos fueron destinados a la clasificación hipograsa. Estos errores se dan porque comparten las mismas características de sobrepeso y obesidad u diferencias en el IMC.

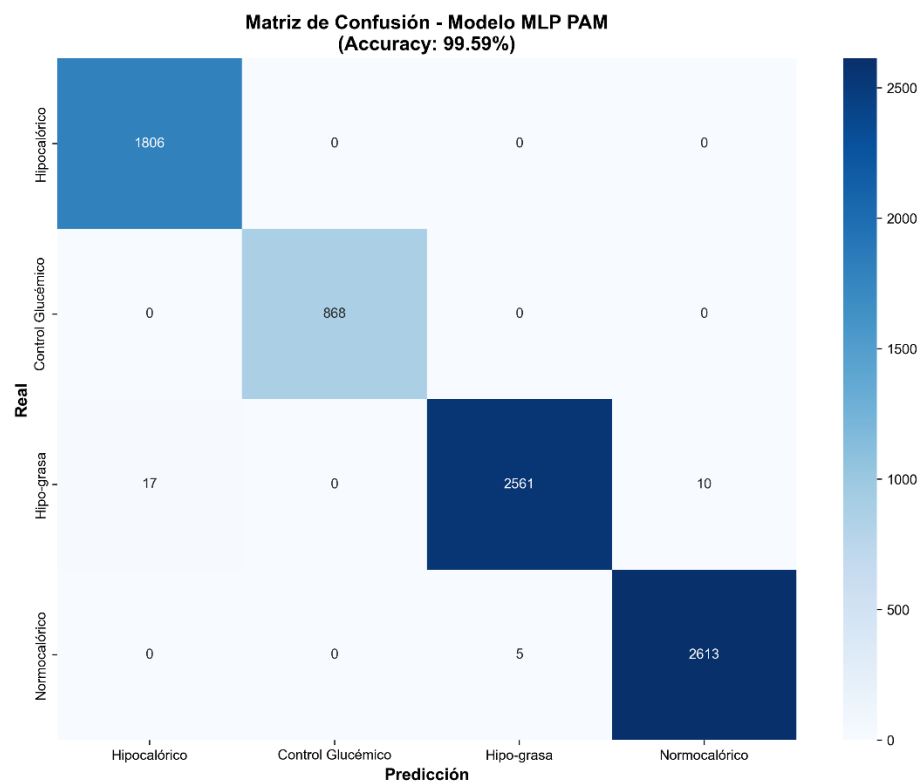


Ilustración 37 Matriz de confusión del modelo

Análisis de concurrencia para el inicio de sesión: se realizó una prueba de carga sobre el módulo de inicio de sesión de la aplicación, ya que es el punto de entrada al sistema, donde se validarán credenciales, se hará la consulta a la base de datos con la generación de tokens de autenticación para ver el comportamiento de la plataforma frente a las solicitudes de un número determinado de clientes.

La prueba fue ejecutada en la plataforma loader.io donde se configuró un escenario de carga que simula 500 clientes virtuales concurrentes, realizan peticiones al endpoint de sesiones en un periodo de 1 minuto. Los tiempos de respuesta es de 1.33 segundos y el tiempo mínimo de 229 ms. Siendo un tiempo adecuado para la transacción de

autenticación.

Sin embargo al someterlo a una carga maxima de 500 usuarios se identificó que la tasa de error es del 10.8% que equivale a 53 peticiones y el tiempo de respuesta alcanzó los 10.002 ms experimentando saturacion en el servidor, Por lo consiguiente el 89.2% equivalente a 437 de 490 fueron procesadas exitosamente.

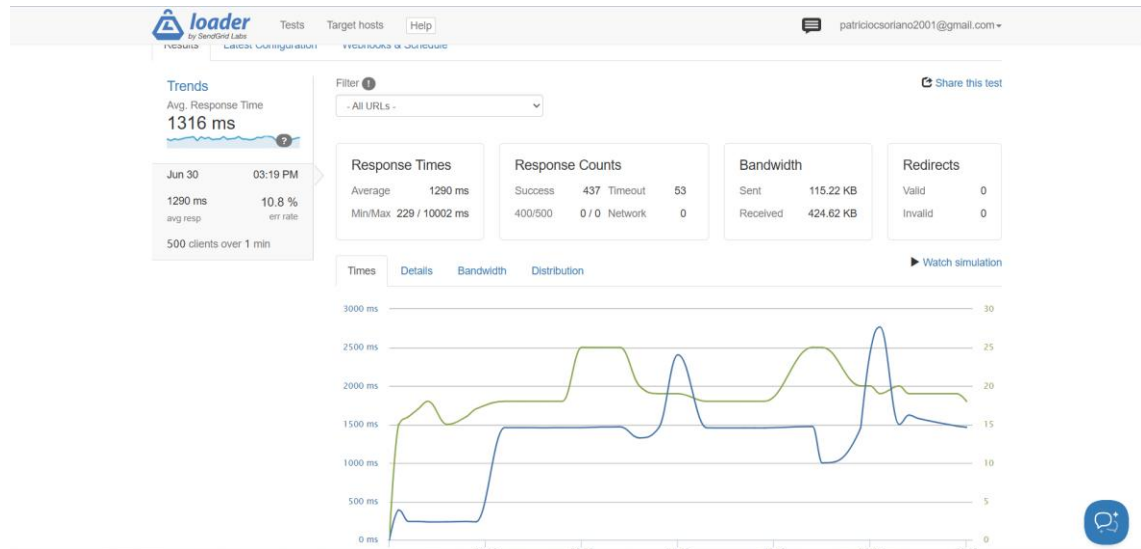


Ilustración 38 Análisis de concurrencia para el inicio de sesión

CONCLUSIONES

En la presente propuesta, utilizando tecnologías de la información y técnicas de inteligencia artificial se diseñó y se desarrolló Nutri-AI, una plataforma informática para la generación de planes dietéticos personalizados para pacientes con diabetes mellitus tipo 2, facilita el trabajo colaborativo entre el personal de salud, permitiendo el monitoreo continuo de los pacientes.

Se realizó una investigación bibliográfica sobre protocolos dietéticos que vayan de la mano con el protocolo PAM, se identificó cuatro perfiles dietéticos como Hipocalórico para pacientes con obesidad, control glucémico, hipograsa para pacientes con sobrepeso y normo calórico para pacientes que tienen un control de su salud, permitiendo establecer criterios clínicos para la clasificación del paciente, garantizando que el paciente reciba su plan alimenticio acorde a su condición metabólica registrada.

Se desarrollo un modelo de red neuronal supervisada utilizando tensorflow 2.15 con arquitectura MLP Multi Layer Perceptron de cuatro capas densas 64, 32, 16, 4, se incorporó técnicas de regularización BatchNormalization y Dropout para la prevención de sobreajuste. El modelo de la red fue entrenado con un dataset de 39.397 registros clínicos que fueron depurados mediante técnicas de limpieza, codificación de variables categóricas, alcanzando una precisión del 99.59% en el conjunto de prueba.

Se desarrollo una plataforma web y móvil utilizando Ionic Framework con angular 20, se implementó una arquitectura de portales diferenciados, administrador, médico o nutricionista, enfermería y enfermería, cada uno con sus funcionalidades, se integra un sistema de autenticación basado en JWT con encriptación de contraseña mediante bcrypt y así asegurar los datos clínicos como lo son los datos de los pacientes cumpliendo los estándares de protección de información médica.

Se desarrollo un microservicio independiente en Python con FastAPI, expone endpoints REST para la inferencia del modelo de machine learning, permite la comunicación asíncrona entre el backend y el servicio de la IA. No genera planes nutricionales con alimentos directamente, más bien su función es clasificar y sugerir el perfil dietético PAM mas adecuado para el paciente basado en los datos de entrada edad, género, peso, talla, IMC y presencia de diabetes. el sistema usa esta información como base para generar el

plan alimenticio completo consultando la API de la base de datos USDA FoodData para obtener los alimentos que corresponden a ese perfil específico.

La plataforma NutriAI demuestra que es posible integrar técnicas de Deep learning con sistema de información clínica para mejorar la atención al paciente, no reemplaza el criterio clínico del profesional de salud sino que actúa como un asistente inteligente que proporciona recomendaciones basadas en datos clínicos del paciente que permite al especialista tomar decisiones mas adecuadas reduciendo el tiempo necesario para crear planes nutricionales personalizados.

RECOMENDACIONES

Considerando que NutriAI es el primer prototipo de la plataforma para la generación asistida de planes dietéticos en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 bajo el protocolo PAM, se siguieren las siguientes mejoras para las siguientes versiones. Dado que el dataset utilizado para el entrenamiento del modelo de red neuronal presento limitaciones en cuanto a variables de los pacientes, se recomienda para futuras iteraciones incorporar variables adicionales que actualmente no fueron consideradas en el entrenamiento como el nivel de actividad física, hábitos alimentarios, marcadores bioquímicos como triglicéridos y hemoglobina glicosilada, lo que permitiría una clasificación aun mas personalizada para los perfiles dietéticos PAM.

Se recomienda incrementar muestras clínicas al dataset del entrenamiento datos como perfil de control glucémico que actualmente representa el 11%, mejorando aún mas el modelo en esta clase especifica y así reduciendo el sesgo hacia las clases mayoritarias como normocalórico e hipograsa, también se sugiere un reentrenamiento periódico del modelo con nuevos datos clínicos recopilados durante el uso de la plataforma, utilizando técnicas de aprendizaje continuo para que el modelo se vaya adaptando a los cambios de la población atendida.

Para futuras iteraciones, se sugiere integrar la plataforma con dispositivos IoT de monitoreo continuo de glucosa y presión arterial, que puedan transmitir los datos directamente a la plataforma mediante protocolos wifi o bluetooth permitiendo capturar información en tiempo real sin necesidad de registro manual, notificando de manera inmediata al médico tratante cuando los valores ingresados superen los umbrales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Estrategia Mundial Sobre Salud Digital 2020-2025*, 1st ed. Geneva: World Health Organization, 2021.
- [2] F. Lucivero y K. R. Jongsma, «A mobile revolution for healthcare? Setting the agenda for bioethics», *J. Med. Ethics*, vol. 44, n.º 10, pp. 685-689, oct. 2018, doi: 10.1136/medethics-2017-104741.
- [3] «SciELO - Salud Pública - Facilitadores y obstaculizadores de la implementación de la política de salud intercultural en Chile Facilitadores y obstaculizadores de la implementación de la política de salud intercultural en Chile». Accedido: 20 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rpsp/2016.v39n2/122-127/>
- [4] K. E. Schifferdecker, N. B. Berman, L. H. Fall, y M. R. Fischer, «Adoption of computer-assisted learning in medical education: the educators' perspective», *Med. Educ.*, vol. 46, n.º 11, pp. 1063-1073, nov. 2012, doi: 10.1111/j.1365-2923.2012.04350.x.
- [5] H. García Garcés, L. Navarro Aguirre, M. López Pérez, y M. de F. Rodríguez Orizondo, «Tecnologías de la Información y la Comunicación en salud y educación médica», *EDUMECENTRO*, vol. 6, n.º 1, pp. 253-265, abr. 2014.
- [6] «CHEST Home». Accedido: 20 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://journal.chestnet.org/>
- [7] «La OMS publica las primeras directrices sobre intervenciones de salud digital». Accedido: 21 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/17-04-2019-who-releases-first-guideline-on-digital-health-interventions>
- [8] J. F. García-Rodríguez, A. García-Fariñas, O. Priego-Hernández, y L. Martínez-Pérez, «Salud desde una perspectiva económica. Importancia de la salud para el crecimiento económico, bienestar social y desarrollo humano», vol. 23, n.º 1, 2017.
- [9] M. G. Macías Moreira y G. A. Ortega Baldeon, «Enfermedades crónicas no transmisibles y la calidad de vida en el Ecuador.», bachelorThesis, Jipijapa-Unesum, 2023. Accedido: 9 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4926>
- [10] «Diabetes». Accedido: 9 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- [11] M. Mondaca Baeza, «COACHING EN SALUD COMO INTERVENCIÓN DE ENFERMERÍA PARA MEJORAR CONTROL Y CALIDAD DE VIDA EN PERSONAS CON DIABETES MELLITUS TIPO II», *Univ. JAUME I*, [En línea]. Disponible en: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/696467/2026_Tesis_Mondaca%20Baeza_Marcela%20Agueda.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [12] Y. Salazar, «Gratis: ManualDeRiesgoCardiovascular 2021 - Material PDF claro y objetivo para un estudio rápido», Passei Direto. Accedido: 10 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en:

<https://www.passeidireto.com/es/content/136176670/manual-de-riesgo-cardiovascular-2021>

- [13] B. Zhou *et al.*, «Worldwide trends in diabetes prevalence and treatment from 1990 to 2022: a pooled analysis of 1108 population-representative studies with 141 million participants», *The Lancet*, vol. 404, n.º 10467, pp. 2077-2093, nov. 2024, doi: 10.1016/S0140-6736(24)02317-1.
- [14] «IDF Diabetes Atlas 2025», Diabetes Atlas. Accedido: 10 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://diabetesatlas.org/resources/idf-diabetes-atlas-2025/>
- [15] B. Cánovas y M. A. Koning, «Nutrición equilibrada en el paciente diabético».
- [16] A. Carrera Aguilar, M. Castro, y J. Bracamontes Nevárez, *Riesgo de pobreza en las regiones mexicanas: Una estimación con un método que considera las deudas de los hogares*. 2015.
- [17] D. personal de M. Clinic, «Dieta para la diabetes: cree su plan de alimentación saludable», Mayo Clinic. Accedido: 24 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/diabetes/in-depth/diabetes-diet/art-20044295>
- [18] A. Esteva *et al.*, «A guide to deep learning in healthcare», *Nat. Med.*, vol. 25, n.º 1, pp. 24-29, ene. 2019, doi: 10.1038/s41591-018-0316-z.
- [19] M. A. Romero Llerena, E. J. Pandia Yañez, M. A. Romero Llerena, y E. J. Pandia Yañez, «LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA SALUD PÚBLICA: MEJORANDO LA ATENCIÓN MÉDICA Y PREVINIENDO ENFERMEDADES», *Aula Virtual*, vol. 6, n.º 13, dic. 2025, doi: 10.5281/zenodo.17247148.
- [20] A. Esteva *et al.*, «Deep learning-enabled medical computer vision», *Npj Digit. Med.*, vol. 4, n.º 1, p. 5, ene. 2021, doi: 10.1038/s41746-020-00376-2.
- [21] G. D. B. Quiroga, D. C. T. Chirivi, y J. E. R. Rodríguez, «Centro de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas», *Rev. Vínculos*, vol. 2, n.º 1, pp. 3-20, dic. 2005, doi: 10.14483/2322939X.4085.
- [22] B. C. G. Gilces y L. M. V. Zambrano, «MANTENER UNA ALIMENTACIÓN SANA, A TRAVÉS DEL CONSUMO DE ALIMENTOS NUTRITIVOS.», vol. 1, n.º 2, 2020.
- [23] «Desnutrición - Trastornos nutricionales», Manual MSD versión para público general. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-nutricionales/desnutrición/desnutrición>
- [24] C. R. Flores-Murillo, F. Valdez-Aguagallo, y Lady Ramírez-Morán, «Beneficios de una nutrición saludable en la calidad de vida de la población», *MQRInvestigar*, vol. 8, n.º 1, pp. 5075-5086, mar. 2024, doi: 10.56048/MQR20225.8.1.2024.5075-5086.
- [25] A. Santillán, «RESPUESTA A LAS ENFERMEDADES CATASTROFICAS», *María Teresa Bürgin Drago Gabriela Hamilt. Federico Tobar Esteban Lifschitz Roberto Daniel Yjilioff*, [En línea]. Disponible en: <https://www.cippeec.org/wp->

content/uploads/2017/03/1283.pdf

- [26] American Diabetes Association Professional Practice Committee, «5. Facilitating Behavior Change and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Medical Care in Diabetes-2022», *Diabetes Care*, vol. 45, n.º Suppl 1, pp. S60-S82, ene. 2022, doi: 10.2337/dc22-S005.
- [27] S. Núñez-González, A. Delgado-Ron, y D. Simancas-Racines, «Tendencias y análisis espacio-temporal de la mortalidad por diabetes mellitus en Ecuador, 2001-2016», *Rev Cuba Salud Pública*, pp. e1314-e1314, 2020.
- [28] A. Z. Calahorrano y E. Fernández, «Diabetes mellitus tipo 2 en el Ecuador: revisión epidemiológica», *Mediciencias UTA*, vol. 2, n.º 4, pp. 3-9, dic. 2018.
- [29] M. A. L. Estefanía y L. A. J. Cesar, «Educación en Salud como Estrategia para la Prevención de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en Ecuador», *Rev. Veritas Difus. Científica*, vol. 6, n.º 2, pp. 572-585, jun. 2025, doi: 10.61616/rvdc.v6i2.649.
- [30] «Desarrollo de un modelo de red neuronal para la detección de la diabetes tipo 2 | Revista de Ciencias Médicas Pioneras». Accedido: 10 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://jpmsonline.com/article/developing-a-robust-neural-network-model-for-accurate-detection-of-type-2-diabetes-513/>
- [31] «Diabetes». Accedido: 10 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- [32] R. Desai, «Node.js vs React Comparison Guide: Pros, Cons & Use Cases». Accedido: 10 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.weisetechn.com/nodejs-vs-react-guide-comparison-use/>
- [33] «MySQL 8.0 Reference Manual - Including MySQL NDB Cluster 8.0».
- [34] «Ecuador», Diabetes Atlas. Accedido: 13 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://diabetesatlas.org/data-by-location/country/ecuador/>
- [35] M. T. García-Ordás, C. Benavides, J. A. Benítez-Andrades, H. Alaiz-Moretón, y I. García-Rodríguez, «Diabetes detection using deep learning techniques with oversampling and feature augmentation», *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 202, p. 105968, abr. 2021, doi: 10.1016/j.cmpb.2021.105968.
- [36] K. A. Palma Muñoz, J. J. Garzón García, y J. D. Delgado Zambrano, «EL IMPACTO DE LAS APLICACIONES MÓVILES, ORIENTADO A LAS MIPYMES DE LA CIUDAD DE CHONE», *ULEAM*, vol. Vol. 1, No. 1, p. 11, 20 de febrero de 2020.
- [37] A. Abeltino *et al.*, «Digital applications for diet monitoring, planning, and precision nutrition for citizens and professionals: a state of the art», *Nutr. Rev.*, vol. 83, n.º 2, pp. e574-e601, feb. 2025, doi: 10.1093/nutrit/nuae035.
- [38] Secretaría Nacional de y Planificación, «PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2025-2029». 21 de agosto de 2025. doi: ISBN: 978-9942-7433-0-5.
- [39] A. Velázquez, «Investigación no experimental: Qué es, características y ejemplos», QuestionPro. Accedido: 20 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-no-experimental/>

- [40] C. Ortega, «Investigación mixta. Qué es y tipos que existen», QuestionPro. Accedido: 20 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/>
- [41] E. R. Arias, «Investigación cualitativa», Economipedia. Accedido: 20 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cualitativa.html>
- [42] E. R. Arias, «Investigación cuantitativa», Economipedia. Accedido: 18 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cuantitativa.html>
- [43] C. Ortega, «¿Qué es el muestreo por conveniencia?», QuestionPro. Accedido: 20 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/>
- [44] CIE 10 MC, 3ª edición. Madrid: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social, 2020.
- [45] «CLASIFICACION ESTADISTICA INTERNACIONAL DE ENFERMEDADES Y PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA SALUD X REVISION». [En línea]. Disponible en: https://www.medicinainterna.net.pe/images/guias/CIE_10.pdf
- [46] American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes* *et al.*, «Introduction and Methodology: Standards of Care in Diabetes—2026», *Diabetes Care*, vol. 49, n.º Supplement_1, pp. S1-S5, ene. 2026, doi: 10.2337/dc26-SINT.
- [47] R. M., «What is Scikit-Learn In Python?», ActiveState. Accedido: 14 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.activestate.com/resources/quick-reads/what-is-scikit-learn-in-python/>
- [48] «SimpleImputer | Interactive Chaos». Accedido: 14 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://interactivechaos.com/es/python/function/simpleimputer>
- [49] «Simple Imputation Methods for Missing Data». Accedido: 14 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://apxml.com/courses/intro-data-cleaning-preprocessing/chapter-2-handling-missing-data/basic-imputation-mean-median-mode>
- [50] F. Pedregosa *et al.*, «Scikit-learn: Machine Learning in Python», *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 12, n.º 85, pp. 2825-2830, 2011.
- [51] B. Clark, «¿Qué es Scikit-Learn (Sklearn)? | IBM». Accedido: 12 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/scikit-learn>
- [52] «LabelEncoder», scikit-learn. Accedido: 16 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://scikit-learn/stable/modules/generated/sklearn.preprocessing.LabelEncoder.html>
- [53] K. Team, «Keras documentation: Probabilistic losses». Accedido: 16 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: https://keras.io/2/api/losses/probabilistic_losses/
- [54] «StandardScaler | Interactive Chaos». Accedido: 14 de mayo de 2026. [En línea].

Disponible en: <https://interactivechaos.com/es/manual/tutorial-de-machine-learning/standardscaler>

- [55] «One Hot Encoding in Machine Learning», GeeksforGeeks. Accedido: 12 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/ml-one-hot-encoding/>
- [56] Anandgupta, «handle_unknown='ignore'», Medium. Accedido: 12 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://medium.com/@anandgupta20588/handle-unknown-ignore-4b937a82b5e4>
- [57] «Perceptrones multicapa en el aprendizaje automático: Guía completa». Accedido: 12 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.datacamp.com/tutorial/multilayer-perceptrons-in-machine-learning>
- [58] ¿Necesitas una base de datos vectorial para tus aplicaciones GenAI? Zilliz Cloud es una base de datos vectorial gestionada, basada en Milvus, y perfecta para crear aplicaciones de I. genómica P. gratis, «¿Qué es Keras y qué relación tiene con TensorFlow?» Accedido: 14 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://milvus.io/ai-quick-reference/what-is-keras-and-how-does-it-relate-to-tensorflow>
- [59] K. Team, «Keras documentation: Probabilistic losses». Accedido: 16 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: https://keras.io/api/losses/probabilistic_losses/
- [60] «¿Qué es Adam ? Guía de aprendizaje profundo | Ultralytics». Accedido: 13 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ultralytics.com/es/glossary/adam-optimizer>
- [61] I. B. Stryker Cole, «¿Qué es la tasa de aprendizaje en machine learning? | IBM». Accedido: 13 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/learning-rate>
- [62] «Batch Size in Neural Network», GeeksforGeeks. Accedido: 13 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.geeksforgeeks.org/deep-learning/batch-size-in-neural-network/>
- [63] «¿Qué es una época en el aprendizaje automático? | Ultralytics». Accedido: 13 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ultralytics.com/es/glossary/epoch>
- [64] Cyborg, «What is Early Stopping in Deep Learning?», Medium. Accedido: 13 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://cyborgcodes.medium.com/what-is-early-stopping-in-deep-learning-eeb1e710a3cf>
- [65] «IBM Watson Studio and Knowledge Catalog». Accedido: 13 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/ws-and-kc?topic=metrics-accuracy>
- [66] «Sets de Entrenamiento, Test y Validación | Aprende Machine Learning». Accedido: 13 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.aprendemachinelearning.com/sets-de-entrenamiento-test-validacion-cruzada/>
- [67] E. Kavlakoglu, «¿Qué es random forest? | IBM». Accedido: 22 de mayo de

2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/random-forest>
- [68] B. C. Lee Fangfang, «¿Qué es boosting de gradiente? | IBM». Accedido: 22 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/gradient-boosting>
- [69] A. R. León Yacelga, J. L. Acosta Espinoza, R. A. Díaz Vásquez, A. R. León Yacelga, J. L. Acosta Espinoza, y R. A. Díaz Vásquez, «Aplicación de la metodología incremental en el desarrollo de sistemas de información», *Rev. Univ. Soc.*, vol. 13, n.º 5, pp. 175-182, oct. 2021.
- [70] J. F. R. Pérez, V. G. López-Torres, y M. Morejón-Valdés, «Information and Communication Technologies as a competitive performance factor in provider institutions of medical services in Ensenada, Baja California», *J. Adm. Sci.*, vol. 2, n.º 4, pp. 31-37, ene. 2021, doi: 10.29057/jas.v2i4.6750.
- [71] P. Robledo-Madrid, «Impacto de la aplicación de las Tecnologías de la Información (TICs) en un modelo de atención médica», *Rev. Sanid. Mil.*, vol. 73, n.º 2, pp. 96-104, mar. 2019, doi: 10.56443/rsm.v73i2.17.
- [72] M. Mukred, Z. M. Yusof, U. A. Mokhtar, A. S. Sadiq, B. Hawash, y W. A. Ahmed, «Improving the decision-making process in the higher learning institutions via electronic records management system adoption», ene. 2021, Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2436/623909>
- [73] C. S. Jongen, J. McCalman, y R. G. Bainbridge, «The Implementation and Evaluation of Health Promotion Services and Programs to Improve Cultural Competency: A Systematic Scoping Review», *Front. Public Health*, vol. 5, feb. 2017, doi: 10.3389/fpubh.2017.00024.
- [74] D. N. Martínez García, V. M. Dalgo Flores, J. L. Herrera López, E. I. Analuisa Jiménez, y E. F. Velasco Acurio, «Avances de la inteligencia artificial en salud», *Dominio Las Cienc.*, vol. 5, n.º 3, pp. 603-613, 2019.
- [75] F. Barber, «10 años de “Inteligencia Artificial”, Revista Iberoamericana de I.A.», *Intel. Artif. Rev. Iberoam. Intel. Artif.*, vol. 11, n.º 33, pp. iii-vi, 2007.
- [76] M. Bayas Sampedro, A. Parra Fernandez, R. Rovira Jurado, M. Montaña Blacio, O. Gómez Morales, y J. Figueroa Olmedo, «Sistema de monitoreo de parámetros cardiovasculares basado en IoT y MQTT para alertas médicas», *Ingenius*, n.º 34, pp. 75-88, jul. 2025, doi: 10.17163/ings.n34.2025.06.
- [77] J. V. González, O. A. V. Arenas, y V. V. González, «Semiología de los signos vitales: Una mirada novedosa a un problema vigente», *Arch. Med. Col.*, vol. 12, n.º 2, pp. 221-240, 2012.
- [78] A. E. A. Beltrán, «Relación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca y el control metabólico en pacientes con Diabetes tipo 2 atendidos en atención primaria», *Cienc. Educ.*, vol. 6, n.º 12.1, pp. 702-713, dic. 2025.
- [79] «¿Cuál es la frecuencia cardíaca normal en adultos y niños? : Hospital Eterno». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.eternalhospital.com/title/normal-heart-rate-guide>

- [80] L. LUZI, C. MACRÌ, A. FERRULLI, C. C. BERRA, C. ROMANO, y S. MASSARINI, «1400-P: Low Blood Oxygen Saturation Is Associated with Impaired Glucose Control in Diabetes», *Diabetes*, vol. 72, n.º Supplement_1, pp. 1400-P, jun. 2023, doi: 10.2337/db23-1400-P.
- [81] «Saturación de oxígeno | Cigna». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cigna.com/es-us/knowledge-center/hw/saturacin-de-oxgeno-sto167663>
- [82] «Saturación de oxígeno: Valores y métodos». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.weinmann-emergency.com/es/temas/monitorizacion-desfibrilacion/saturacion-de-oxigeno-en-la-sangre>
- [83] «Temperatura corporal normal: MedlinePlus enciclopedia médica». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001982.htm>
- [84] «Temperatura corporal | Cigna». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cigna.com/es-us/knowledge-center/hw/pruebas-mdicas/temperatura-corporal-hw198785>
- [85] B. Castañeda, D. S. Puebla, D. M. Figueroa, S. N. Espinoza, y M. Pedroza-Montero, «TEMPERATURA CORPORAL, TERMÓMETROS Y SALUD», *EPISTEMUS*, vol. 15, n.º 30, pp. 53-57, nov. 2021, doi: 10.36790/epistemus.v15i30.164.
- [86] «peso-corporal. Diccionario médico», <https://www.cun.es>. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/peso-corporal>
- [87] E. R. López y N. L. N. López, «EL PESO CORPORAL SALUDABLE: DEFINICIÓN Y CÁLCULO EN DIFERENTES GRUPOS DE EDAD».
- [88] H. Australia, «Body mass index (BMI) and waist circumference». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.healthdirect.gov.au/body-mass-index-bmi-and-waist-circumference>
- [89] A. Giné, «¿Qué es el control glucémico?», Instituto Europeo de Nutrición y Salud. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://ienutricion.com/control-glucemico/>
- [90] «Diagnóstico | American Diabetes Association». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://diabetes.org/espanol/diagnostico>
- [91] «Glucosa alterada en ayunas (GAA) o prediabetes - Bupa». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.bupasalud.com/salud/prediabetes-glucosa-alterada>
- [92] «Glucosa posprandial de dos horas». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: http://healthlibrary.brighamandwomens.org/Spanish/RelatedItems/167,glucose_two_hour_postprandial_ES
- [93] «Glucemia posprandial: Objetivo, procedimiento, preparación y rango normal»,

- CARE Hospitals. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.carehospitals.com/es/diagnostics/post-prandial-blood-sugar>
- [94] «Prueba de hemoglobina glicosilada (HbA1c)». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/a1c.html>
- [95] «Qué es la hemoglobina glicosilada. Diccionario médico. Clínica U. Navarra», <https://www.cun.es>. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/hemoglobina-glicosilada>
- [96] B. Li, X. Tang, y G. Le, «Dietary Habits and Metabolic Health», *Nutrients*, vol. 15, n.º 18, p. 3975, sep. 2023, doi: 10.3390/nu15183975.
- [97] J. A. B. Meléndez, S. B. Cervera, L. G. H. Nava, L. Rojo-Moreno, V. Chavez, y J. M. E. Murillo, «Hábitos alimentarios, actividad física y estilos de vida en adolescentes escolarizados de la Ciudad de México y del Estado de Michoacán».
- [98] «Alimentación saludable - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/alimentacion-saludable>
- [99] R. Kearns, B. Harris-Roxas, J. McDonald, H. J. Song, S. Dennis, y M. Harris, «Implementing the Patient Activation Measure (PAM) in clinical settings for patients with chronic conditions: a scoping review», *Integr. Healthc. J.*, vol. 2, n.º 1, p. e000032, jul. 2020, doi: 10.1136/ihj-2019-000032.
- [100] «Medida de Activación de Paciente (PAM)», Funcas. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.funcas.es/articulos/medida-de-activacion-de-paciente-pam/>
- [101] «What is the Patient Activation Measure in Patient-Centered Care? | TechTarget», Patient Engagement. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.techtarget.com/patientengagement/news/366584797/What-is-the-Patient-Activation-Measure-in-Patient-Centered-Care>
- [102] «Dietoterapia o terapia nutricional - Temas especiales», Manual MSD versión para público general. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/temas-especiales/medicina-alternativa-complementaria-e-integrativa/dietoterapia-o-terapia-nutricional>
- [103] PVtona, «¿Qué es la dietoterapia y qué tipos hay?», PEPETA VILARÓ. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.pepetavilaro.cat/dietoterapia/>
- [104] F. S. UFV, «¿Qué es la Dietoterapia? - UFV Madrid», Cetys. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://fpsuperiorufv.es/blog/que-es-la-dietoterapia/>
- [105] «Beneficios de la dietoterapia - MEDAC». Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://medac.es/blogs/sanidad/en-que-consiste-la-dietoterapia-y-cuales-son-sus-beneficios>
- [106] «Dieta hipocalórica: qué es, síntomas y tratamiento». Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.topdoctors.es/diccionario->

medico/dieta-hipocalorica/

- [107] C. P. Garay, «Dieta Hipocalórica: Características y ejemplos», Nusán Nutrición. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://nusannutricion.com/dieta-hipocalorica-caracteristicas-y-ejemplos/>
- [108] «Dieta hipocalórica de 1.100 kcal. Nutrición y salud. CUN», <https://www.cun.es>. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/dieta-baja-calorias-1100-kcal>
- [109] S. Sabarathinam, «A glycemic diet improves the understanding of glycemic control in diabetes patients during their follow-up», *Future Sci. OA*, vol. 9, n.º 3, p. FSO843, doi: 10.2144/fsoa-2022-0058.
- [110] «Dieta basada en índice glucémico | CUN», <https://www.cun.es>. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/dieta-basada-indice-glucemico>
- [111] D. personal de M. Clinic, «Alimentación con índice glucémico bajo: ¿qué hay detrás de las afirmaciones?», Mayo Clinic. Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/low-glycemic-index-diet/art-20048478>
- [112] «Dieta para diabéticos e índice glucémico | Ciudad de la Esperanza». Accedido: 25 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.cityofhope.org/clinical-program/diabetes/treatments-management/diabetic-diet-glycemic-index>
- [113] «Dieta Hipograsa: Beneficios y Aplicaciones en Etapas de Vida - ENF 101», Studocu. Accedido: 7 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-particular-de-loja/bromatologia-y-nutricion/nutricion-dieta-hipograsa/79666338>
- [114] Sanitas, «Calorías, sobrepeso y salud», Sanitas. Accedido: 7 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.sanitas.es/biblioteca-de-salud/dieta-alimentacion/nutricion-familiar/san005196wr>
- [115] A. Serra, «Los tres tipos de dieta; hipocalórica, normocalórica e hipercalórica.», La Bolsa del Corredor. Accedido: 7 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.labolsadelcorredor.com/tipos-de-dieta-hipocalorica-normocalorica-e-hipercalorica/>
- [116] G. R. Egüez Dávila, «Análisis del desempeño de redes neuronales artificiales en la reconstrucción de datos pluviométricos de la ciudad de Quito», masterThesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, 2020. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/7461>
- [117] C. A. Ruiz, M. S. Basualdo, y D. J. Matich, «Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones.».
- [118] «¿Qué es Tensorflow?», Databricks. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.databricks.com/es/blog/what-is-tensorflow>
- [119] B. N. SL, «Diferencias entre app híbrida y nativa». Accedido: 14 de abril de

2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.bernanetwork.com/diferencias-entre-app-hibrida-y-nativa>
- [120] «What is Hybrid Mobile App Development: Hybrid vs Native vs Web». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://ionic.io/resources/articles/what-is-hybrid-app-development>
- [121] «Core Concepts | Ionic Framework», Ionic Framework Docs. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://ionicframework.com/docs/core-concepts/fundamentals>
- [122] «Visual Studio Code - The open source AI code editor | Your home for multi-agent development». Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://code.visualstudio.com/>
- [123] E. de C. de GoDaddy, «Guía sobre XAMPP: Características, beneficios e instalación paso a paso», GoDaddy Resources - Spain. Accedido: 14 de abril de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.godaddy.com/resources/es/crearweb/xampp-que-es>
- [124] D. Merkel, «Docker: Lightweight Linux Containers for Consistent Development and Deployment».
- [125] B. C. Bonoto *et al.*, «Efficacy of Mobile Apps to Support the Care of Patients With Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials», *JMIR MHealth UHealth*, vol. 5, n.º 3, p. e6309, mar. 2017, doi: 10.2196/mhealth.6309.
- [126] O. M. P. Ramírez, «DM-ASSIST: Desarrollo de una aplicación móvil para el control de pacientes diabéticos del Hospital Universitario Nacional de Colombia. HUN. Bogotá 2018».
- [127] N. Alsulami, S. Sarhan, M. Almasre, y W. Alsaggaf, «Developing a Neural Network Model for Type 2 Diabetes Detection», *J. Pioneer. Med. Sci.*, vol. 13, pp. 75-86, jul. 2024, doi: 10.61091/jpms202413413.
- [128] D. A. B. Carrera, «Desarrollo de prototipo de aplicativo móvil de control de salud para personas con diabetes».
- [129] «Requisitos funcionales: una visión general | Temas de ScienceDirect». Accedido: 5 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/functional-requirement>
- [130] «Nonfunctional Requirements: Examples, Types and Approaches», AltexSoft. Accedido: 11 de mayo de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.altexsoft.com/blog/non-functional-requirements/>
- [131] S. Gupta, «Decoupled Architecture & Microservices», Medium. Accedido: 10 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://medium.com/@saurabh.engg.it/decoupled-architecture-microservices-29f7b201bd87>
- [132] Universidad Cooperativa de Colombia y F. Y. Patiño Martínez, «Elaboración de diagramas de casos de uso», Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, dic. 2022. doi: 10.16925/gcgp.60.

- [133] «¿Qué es un SGBDR (sistema de gestión de bases de datos relacionales)? - NinjaOne». Accedido: 16 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.ninjaone.com/es/it-hub/it-service-management/que-es-un-rdbms/>
- [134] I. Sommerville y M. I. Alfonso Galipienso, *Ingeniería del software*, 7. edición. Madrid: Pearson Educación, 2005.
- [135] «¿Qué es JustInMind? Diccionario UX». Accedido: 25 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://www.sb.digital/diccionario-ux/justinmind>
- [136] «Guía: Elige la paleta de color para tu marca de salud». Accedido: 25 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: <https://noemiruiz.com/guia-paleta-de-color-para-tu-marca-de-salud/>

ANEXOS

Anexo 1. Formato de entrevista a la enfermera del Hospital Liborio Panchana

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN
ENTREVISTA	
Objetivo: Identificar las necesidades, procesos y desafíos de una enfermera en la atención de pacientes diabéticos, para diseñar una plataforma con inteligencia artificial que automatice la creación, gestión y seguimiento de planes nutricionales personalizados.	
¿Qué información básica del paciente requiere antes de elaborar un plan nutricional para diabetes?	
Datos personales, antecedentes médicos, historial familiar, etc.	
¿Cómo registra y organiza actualmente toda esta información del paciente?	
Se registra en una ficha clínica, dependiendo del profesional, se utiliza el ADIME (Análisis – Evaluación Inicial, Diagnostico, Intervención, Monitorio y Evaluación)	
¿Utiliza actualmente algún software o plataforma para gestionar la información de sus pacientes?	
Si, e incluso, gracias a la tecnología, podemos tener una mejor gestión en cuanto a la organización de los pacientes	
¿Qué funcionalidades o procesos se realizan en el software?	
Nos podemos ayudar en los cuadros de la distribución de los macronutrientes, elaboración de actividad física, lista de compras, etc.	

¿Qué aspectos podrían mejorarse con un nuevo software?
Por lo general, existen softwares realmente completos en donde nos facilitan una mejora en nuestras anamnesis, planes, objetivos, metas
¿Cómo podría ayudar una plataforma que genere automáticamente planes nutricionales personalizados usando inteligencia artificial?
En estos casos, se tendría que recolectar todos los datos necesarios para que se pueda realizar correctamente los planes nutricionales
Desde su perspectiva como profesional, ¿cuáles serían las principales limitantes o barreras para implementar y utilizar con éxito una aplicación que genere planes de nutrición automatizados para personas con diabetes tipo 2?
Primordialmente, el acceso a internet y a los aparatos electrónicos, ya que la comunidad rural no todos cuentan con estos accesos. Segundo, los alimentos, no todos pueden conseguir los alimentos necesarios para una buena dieta, dependiendo de su patología.
¿Qué funcionalidades consideraría esenciales en una plataforma web para gestión de historiales clínicos de pacientes diabéticos?
Registro adecuado de datos antropométricos como; Peso habitual, peso actual, edad, también antecedentes patológicos personales, antecedentes patológicos familiares, antecedentes de cirugía, datos bioquímicos, un registro fotográfico de las comidas, visualizaciones de la evolución del paciente, donde se pueden hacer reportes, recordatorios o alertas, asegurando la información clínica.

Anexo 2. Formato de entrevista a la doctora especialista en medicina general del Hospital Liborio Panchana

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN
ENTREVISTA	
Objetivo: Identificar las necesidades, procesos y desafíos de un nutriólogo en el tratamiento de pacientes diabéticos, para diseñar una plataforma con inteligencia artificial que automatice la creación, gestión y seguimiento de planes nutricionales personalizados.	
¿Qué información básica del paciente requiere antes de elaborar un plan nutricional para diabetes?	
Datos personales, antecedentes médicos, historial familiar, etc.	
¿Qué exámenes de laboratorio solicita regularmente a sus pacientes diabéticos?	
Glucemia en ayunas, HbA1c, perfil lipídico, función renal, etc.	
¿Qué parámetros antropométricos considera esenciales para el diseño del plan?	
Peso, talla, IMC, circunferencia de cintura, porcentaje de grasa corporal, etc.	
¿Qué información sobre el estilo de vida y hábitos alimentarios recopila?	
Nivel de actividad física, horarios de comida, preferencias alimentarias, alergias, etc.	
¿Cuánto tiempo invierte en promedio en la elaboración manual de un plan personalizado para diabetes?	
La demora de un plan nutricional personalizado semanal es entre 2-3 días	

Anexo 3. Formato de entrevista a la nutrióloga del Hospital Venus de Valdivia

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN
ENTREVISTA	
Objetivo: Identificar las necesidades, procesos y desafíos de un nutriólogo en el tratamiento de pacientes diabéticos, para diseñar una plataforma con inteligencia artificial que automatice la creación, gestión y seguimiento de planes nutricionales personalizados.	
En la valoración nutricional de un paciente con diabetes tipo 2, ¿qué indicadores antropométricos, bioquímicos y dietéticos considera prioritarios para iniciar la intervención alimentaria?	
En esta evaluación es sumamente importante en indicadores antropométricos, primero evaluar el peso, la talla, el índice de la cintura, en algunas ocasiones es importante evaluar las pérdidas musculares y eso puede hacer mediante pliegues subescapulares, suprailíaco también y esto permitirá tener una mejor valoración nutricional del paciente y poder hacer un trabajo focalizado y personalizado para el. Dentro de los bioquímicos es importante mencionar la glucosa en ayunas, glucosa postprandial, la hemoglobina glicosilada, indicadores como una resistencia a la insulina son efectivos para estas intervenciones y dentro de las consideraciones dietéticas se considera prioritarios conocer siempre los gustos y preferencias de los pacientes. También hay que tener en cuenta la situación económica del paciente para conocer la accesibilidad que el tenga para proyectar un mejor plan de alimentación.	
¿Qué alteraciones metabólicas o nutricionales observa con mayor frecuencia en pacientes con diabetes tipo 2?	
Dentro de las primeras alteraciones que se puede observar será la resistencia a la insulina, se puede ver una hiperglucemia crónica, unas dislipidemias que es el	

colesterol, triglicéridos elevados, sobrepeso y obesidad, hipertensión arterial y consumo excesivo de nutrientes. Hay gente que no tiene buena orientación en la alimentación y comen lo que desean. Y también es importante siempre evaluar el tipo de sedentarismo que las personas están teniendo, por esta razón es que conducimos siempre habitualmente a factores como sobrepeso y obesidad.
¿Qué indicadores le sugieren que el paciente no está respondiendo adecuadamente al plan nutricional?
Otro de los principales indicadores es conocer que cada paciente es un plan individualizado, por eso es importante no dar la misma comida porque es diabético sino conocer la realidad de cada uno de los pacientes, ya que se puede encontrar pacientes que tiene bajo peso porque estas descompensados y la descompensación está causando que no coman bien y por ende producen una pérdida de peso. En estos pacientes los indicadores que sugieren que no está siendo efectivo su tratamiento es pérdida de peso, pérdida de masa muscular y también en aquellos pacientes que en cambio tiene sobrepeso y obesidad, los factores que exponen que el paciente no está siendo efectivo su tratamiento es que se introduzca a más sobrepeso y obesidad, también como la circunferencia de la cintura indican que el plan no está siendo efectivo.
¿Qué rangos de glucosa en ayunas y hemoglobina glicosilada considera adecuados para evaluar el control metabólico desde el punto de vista nutricional?
La glucosa en ayunas de un paciente diabético que no está diabético son valores de 70 a 110 sobre los 110 ya está indicando que la glucosa se está elevando y puede estar haciéndose pacientes diabéticos. Y en relación a la hemoglobina glicosilada debe tener un valor menor a 5.7 que es la recomendación y entre estos valores están más actos que exista una complicación.
¿Qué ajustes realiza en el plan alimentario cuando el paciente presenta comorbilidades como hipertensión, obesidad, dislipidemia o hígado graso?
Los ajustes que se realizan serán personalizados, en aquellos pacientes siempre que se trabaja con un paciente diabético, se le hace notar que no va ser una dieta, sino mas

bien llevar hábitos de alimentación saludables en la que se puede incorporar todos los grupos de alimentos pero en pocas cantidades y en frecuencia adecuadas las preparaciones de las comidas también es super importantes ya que si tenemos un paciente hipertenso siempre se le va a pedir que su dieta sea una dieta normosódica es decir que la cantidad de sodio de sal baje de su dieta, se restringen alimentos que tienen mariscos por la concentración de sodio alto el camarón, cangrejo, conchas, pulpos y alimentos procesados, embutidos y enlatados que mas alta concentración de sodio tiene. Si hay pacientes obesos lo que se trata de hacer es reducir las calorías, los carbohidratos para frenar un poco la subida de peso. En dislipidemias que es un colesterol glicéridos altos, generalmente se dan recomendaciones de que el consumo de harinas y de azúcares reduzca y se de paso a las cosas integrales y en el hígado graso básicamente es hacer una dieta blanda hipograsa donde no se incorpore grasa saturada en la alimentación del mismo.

¿Qué información del paciente considera indispensable revisar antes de elaborar un plan de alimentación?

Es importante realizar una anamnesis nutricional. Esta anamnesis recoge información del paciente desde sus preferencias alimentarias hasta lo que consume todos los días.

Se realiza un famoso recordatorio de 24h en el que se pregunta al paciente que consumió un día antes de la consulta. Y ahí uno va notando cuales son las deficiencias nutricionales del plan alimenticio que tiene. También es importante saber si esta con bajo peso. Que es frecuente y si es sobre peso u obesidad o si tiene alguna enfermedad ya crónica degenerativa además de la diabetes

¿Qué aspectos del estado nutricional influyen más en la estructura del plan alimentario?

Lo único que se puede notar y trabajar en si el paciente esta desnutrido, siempre se ajusta la dieta a un consumo más alto de proteína ahí se trabaja con una dieta hiperproteica. También se puede recomendar algún suplemento nutricional para pacientes diabéticos.

Cuáles son los parámetros que considera que se debe tomar en cuenta para

realizar un plan de alimentación
Los parámetros más importantes siempre es la situación económica del paciente, el plan tiene que estar centrado en la situación del paciente y en los gustos alimentarios y lo que se quiere con este tratamiento es que el paciente tenga una buena adherencia al plan nutricional.
¿Qué situaciones le indican que el plan alimentario necesita ser ajustado?
Las indicaciones podrían ser que el paciente no tenga una buena adherencia, que no le guste el plan y también la relación de las consultas programadas nos podemos dar cuenta. Siempre se debe haber una valoración nutricional individualizada, se debe evaluar pliegues de la circunferencia ya que lleva la realidad de como el paciente se está ajustando.
¿Cómo aplica el Protocolo PAM en la atención de pacientes con diabetes tipo 2?
Cuando se trabaja con el protocolo PAM, se debe activar 3 items que evalúa la enfermedad del paciente diabético, lo que hace el PAM es que el paciente conozca su enfermedad, que la vayan monitoreando, se vayan cuidando para no tener mas enfermedades. Hay puntos clave que se tiene que trabajar con el PAM primero la evaluación del paciente, luego se tiene que hacer unas mejoras de la auto cuestión del paciente, mejorar la importancia del control. Y luego hay que crear herramientas de atención primaria, importante recordar que la parte preventiva es mucho mas efectiva que la curación. Los beneficios que se tiene con este protocolo son las adecuaciones terapéuticas nutricionales para empoderar al paciente y mejorar su auto gestión y el apoyo emocional de la familia.
¿Qué tipo de información recoge durante la etapa inicial de valoración nutricional?
Básicamente son peso y talla, antecedentes familiares, también se recoge factores como la actividad física
¿Qué factores considera al momento de decidir el tipo de intervención

alimentaria?
Los factores económicos y se considera si el paciente vive o no acompañado, quien prepara los alimentos en casa o si come fuera de casa y si come dentro de los horarios establecidos.
¿Cómo realiza el seguimiento del paciente y qué indicadores utiliza para evaluar el progreso?
Se realiza mensualmente mediante consultas programadas y los indicadores que se utilizan es la masa corporal, que es la relación de peso y talla, y el progreso que vamos a tener siempre van a ser los resultados de los laboratorios.

Anexo 4. Solicitud de autorización para acceso a información estadística

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**
CARRERA DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN
Oficio No. UPSE-CTI-369-2025-OF
La Libertad, 5 de noviembre de 2025

Asunto: Solicitud de autorización para acceso a información estadística para proyecto de titulación

Dra. Daniela Cedeño Zambrano
GERENTE ADMINISTRATIVO -HGLPS
Hospital General Dr. Liborio Panchana Sotomayor

Dr. Fabian Reina
Director de Medicina Asistencial
Hospital General Dr. Liborio Panchana Sotomayor
En su despacho. -

De mi consideración:

Por medio del presente, me permito poner en su conocimiento que el estudiante **CURAY SORIANO PATRICIO JOSE**, con cédula de ciudadanía **2400115511**, de la Carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, se encuentra matriculado en el período académico **2025-2**, cursando la asignatura **Unidad de Integración Curricular I**.

El estudiante desarrolla su Propuesta de Titulación titulada: **"Desarrollo de una plataforma informática que integre redes neuronales para la generación de planes nutricionales"**, bajo la tutoría de la **Ing. Marcia Bayas**.

Con el objetivo de dar continuidad a su investigación y validar los resultados correspondientes, respetuosamente solicito se autorice a quien corresponda el acceso a información estadística relacionada con la base de datos de **pacientes sanos y diagnosticados con Diabetes Tipo I y Tipo II**, (información de edad, genero, peso en kilogramos, talla en centímetros, índice de masa corporal, nivel de glucosa en la sangre, hemoglobina glicosilada, presión arterial, signos vitales años de diagnóstico, medicación o tratamiento actual, antecedentes de hipertensión o dislipidemia y recomendaciones dietéticas registradas) a fin de ser utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación, se pide remitir la base de datos al correo institucional: **patricio.curaysoriano@upse.edu.ec**.

Agradezco de antemano su valiosa colaboración y apoyo en el desarrollo del proceso formativo y de investigación de nuestros estudiantes. Se adjunta solicitud de estudiante.

Particular que informo a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,


Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
C.c.: Archivo
JS/es


UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
UPSE
DIRECCIÓN
CARRERA
DE TECNOLOGÍAS DE
LA INFORMACIÓN

**HOSPITAL GENERAL
"Dr. Liborio Panchana Sotomayor"**
SECRETARIA GENERAL
RECIBIDO
Fecha: 14/11/25 Hora: 11:30
Nombre: Ing. José Sánchez Aquino
Anexo: 1

UPSE *¡crece sin límites!*
Campus matriz, La Libertad - Santa Elena - ECUADOR
Código Postal: 240204 - Teléfono: (04) 781 - 732
f @ www.upse.edu.ec

Ilustración 39 Solicitud de autorización por parte de la UPSE

Salinas, 14 de noviembre de 2025

Dra. Daniela Cedeño Zambrano
GERENTE ADMINISTRATIVO HSLPS

Dr. Fabián Reina
DIRECTOR MEDICINAL ASISTENCIAL

Presente. -

De mi consideración:

Yo, **Patricio José Curay Soriano**, con cédula de identidad **#2400551155**, egresado de la **Carrera de Tecnologías de la Información** de la **Universidad Estatal Península de Santa Elena**.

Me encuentro desarrollando mi Propuesta de Titulación denominada: **"Desarrollo de una plataforma informática que integre redes neuronales para la generación de planes nutricionales"**, bajo la tutoría de la **Ing. Marcia Bayas**.

Con el objetivo de dar continuidad a mi investigación y validar los resultados correspondientes, respetuosamente solicito se autorice a quien corresponda el acceso a información estadística relacionada con la **base de datos de pacientes sanos y pacientes diagnosticados con Diabetes Tipo I y Tipo II, a fin de ser utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación**.

Dicha información será tratada con confidencialidad, respetando la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, sin incluir números de cédula u otros datos que permitan la identificación individual de los pacientes.

Los parámetros requeridos para el análisis son los siguientes:

1. Edad
2. Género
3. Peso (kg)
4. Talla (cm)
5. Índice de Masa Corporal (IMC)
6. Nivel de glucosa en sangre
7. Hemoglobina glicosilada (HbA1c)
8. Presión arterial
9. Signos Vitales
10. Años de diagnóstico
11. Medicación o tratamiento actual
12. Antecedentes de hipertensión o dislipidemia
13. Recomendaciones dietéticas registradas (si se dispone)

Por la naturaleza y el tiempo de ejecución del proyecto, le agradecería se pueda disponer de esta información a la brevedad posible.

Ilustración 40 Solicitud por parte del estudiante

Anexo 5. Evaluación de la aplicación web por parte de un nutricionista



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

EVALUACIÓN DEL MEDICO O ESPECIALISTA	
GECEJA DE EVALUACIÓN	Centro Materno Infantil Venus de Valdivia
NOMBRE DEL ESTUDIANTE	Curay Soriano Patricio Jose
PROYECTO DE TITULACIÓN	NUTRIAI ASISTENTE Nutricional Inteligente con red neuronal para la generación Asistida de Planes Dietéticos en pacientes con DM2
NOMBRE DEL DOCTOR	Mgs. Eliana Jacome Boloma

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PROCENTAJE	NOTA
Usabilidad de la plataforma (Accesibilidad de los datos de los signos vitales y la presentación)	20%	20/.
Usabilidad de la plataforma (Presentación de las alertas)	15%	15/.
Diseño de la plataforma (Colores y presentación)	5%	5/.
Diseño del historial médico	25%	15/.
Coherencia clínica del plan con el perfil dietético asignado por la IA (ej. Control Glucémico, Hipocalórico)	35%	25/.
Total	100%	80/.

Observaciones y mejoras:

Incrementar RET. (Requerimientos Energéticos Totales)
El plan de alimentación debe estar basado en las necesidades
del Ecuador.
Mejorar la distribución de los tiempos de comida

FIRMA

Ilustración 41 Evaluación de la interfaz por parte del nutriólogo