

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



**SISTEMA INTELIGENTE PARA EL APOYO EN LA IDENTIFICACIÓN
DE ENFERMEDADES BUCODENTALES BASADO EN EL
RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES**

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

AUTOR

ANTHONY HERNANDEZ OLAZABAL

ASESOR

OSCAR ALEX SERQUEN YPARRAGUIRRE

<https://orcid.org/0000-0001-9968-493X>

Chiclayo, 2023

**SISTEMA INTELIGENTE PARA EL APOYO EN LA
IDENTIFICACIÓN DE ENFERMEDADES BUCODENTALES
BASADO EN EL RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES**

PRESENTADA POR:

ANTHONY HERNANDEZ OLAZABAL

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

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR:

María Ysabel Arangurí García

PRESIDENTE

Segundo Jose Castillo Zumaran
SECRETARIO

Oscar Alex Serquen Yparraguirre
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y permitirme lograr este objetivo con salud y sabiduría para culminar mis estudios.

A mis padres, por su apoyo incondicional y confianza en mí, quienes me acompañaron en este largo camino y me inspiraron a seguir adelante cada día.

A mi hermana por brindarme apoyo y buenos consejos inspirarme a ser mejor persona y superarme día a día.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incentivándome a superar cualquier obstáculo en todo mi proceso universitario.

A mi asesor de tesis el Ing. Oscar Alex Serquen Yparraguirre por compartirme de sus conocimientos llevando a mejorar el presente trabajo.

Mi prima Mitzy Dayana Rojas Olano, por brindarme su tiempo a lo largo de esta investigación. Gracias por tu profesionalismo prima.

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	23%	1%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	comimsa.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%
5	www.metrosac.com Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%

Índice

RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN	13
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	15
2.1. ANTECEDENTES	15
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	17
2.2. BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS	19
2.2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	19
2.2.1.1. MACHINE LEARNING.....	20
2.2.1.2. DEEP LEARNING	20
2.2.1.3. REDES NEURONALES ARTIFICIALES.....	21
2.2.1.4. REDES NEURONALES CONVOLUCIONAL.....	21
2.2.1.5. CAPA DE CONVOLUCIÓN	22
2.2.1.6. POOLING.....	23
2.2.1.7. CAPA FULL-CONNECTED	24
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES	24
2.2.3. PYTHON	25
2.2.4. TENSORFLOW	25
2.2.5. KERAS	25
2.2.6. METODOLOGÍA COMMONKAD.....	26
2.2.7. ENFERMEDADES BUCODENTALES.....	26
2.2.7.1. CARIES DENTAL	27
2.2.7.2. CARIES SIMPLE	27
2.2.7.3. CARIES COMPUESTA	28
2.2.7.4. CARIES COMPLEJA.....	28
2.2.8. CAVIDAD.....	29
2.2.9. DIENTES.....	29
2.2.9.1. PARTES DEL DIENTE.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	31
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	31
3.4. PROCEDIMIENTOS.....	32
3.4.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO	32
3.4.2. PRODUCTO ACREDITABLE	33
3.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA	35

3.6.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1.	EN BASE A LA METODOLOGÍA UTILIZADA	38
4.1.1.	NIVEL DE CONTEXTO.....	38
4.1.1.1.	MODELO DE ORGANIZACIÓN.....	38
4.1.1.2.	MODELO DE TAREAS	47
4.1.1.3.	MODELO DE AGENTES.....	49
4.1.1.4.	MODELO DE ANÁLISIS.....	50
4.1.2.	NIVEL DE CONCEPTO.....	56
4.1.2.1.	MODELO DE CONOCIMIENTO	56
4.1.2.2.	MODELO DE COMUNICACIÓN.....	56
4.1.3.	NIVEL DE CONSTRUCCIÓN.....	56
4.2.	EN BASE A LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
4.3	IMPACTOS ESPERADOS	73
4.3.1.	IMPACTOS ECONÓMICOS.....	73
4.3.2.	IMPACTOS SOCIALES	73
4.3.3.	IMPACTOS EN TECNOLOGÍA	73
II.	CONCLUSIONES	75
III.	RECOMENDACIONES.....	77
IV.	REFERENCIAS.....	78
V.	ANEXOS	81

Lista de tablas

TABLA I.....	30
TABLA II	30
TABLA III.....	30
TABLA IV	34
TABLA V	46
TABLA VI.....	47
TABLA VII.....	47
TABLA VIII	48
TABLA IX	48
TABLA X	55

Lista de figuras

FIG. 1. TOPOLOGÍA DE UNA RED NEURONAL CON SUS RESPECTIVAS CAPAS [11]	23
FIG. 2. ARQUITECTURA DE UNA RED NEURONAL CONVOLUCIONAL [17]	24
FIG. 3. OPERACIÓN BÁSICA DE CONVOLUCIÓN [18].....	25
FIG. 4. METODOLOGÍA COMMONKADS [20]	28
FIG. 5. LESIONES CARIOSAS CON CARIES SIMPLE. [21]	30
FIG. 6. LESIONES CARIOSAS CON CAVIDAD COMPUESTA. [21].....	30
FIG. 7. LESIONES CARIOSAS CON CAVIDAD COMPLEJA. [21].....	30
FIG. 8. NOMBRE DE LOS DIENTES [24].....	31
FIG. 9. ANATOMÍA DENTAL. [25]	32
FIG. 10. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE NEGOCIO FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	44
FIG. 11. DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL NEGOCIO FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	45
FIG. 12. DIAGRAMA DE ACTIVIDAD DEL PROCESO SOLICITAR ATENCIÓN FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	45
FIG. 13. DIAGRAMA DE OBJETOS DEL PROCESO SOLICITAR ATENCIÓN FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	46
FIG. 14. DIAGRAMA DE ACTIVIDAD REGISTRAR NUEVO PACIENTE FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	46
FIG. 15. DIAGRAMA DE OBJETOS DEL PROCESO REGISTRAR NUEVO PACIENTE FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	47
FIG. 16. DIAGRAMA DE ACTIVIDAD ASIGNAR CITA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	47
FIG. 17. DIAGRAMA DE OBJETOS DE ASIGNAR CITA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	48
FIG. 18. DIAGRAMA DE ACTIVIDAD REGISTRAR DIAGNOSTICO FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	48
FIG. 19. DIAGRAMA DE OBJETOS REGISTRAR DIAGNOSTICO FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	49
FIG. 20. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE ANÁLISIS.....	52
FIG. 21. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE ANÁLISIS.....	52
FIG. 22. DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO REGISTRAR USUARIO.....	52
FIG. 23. DIAGRAMA DE CLASES PARCIALES DEL PROCESO GESTIONAR USUARIOS.....	52
FIG. 24. DIAGRAMA DE COLABORACIÓN DEL PROCESO GESTIONAR USUARIOS.....	53
FIG. 25. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE ANÁLISIS.....	53
FIG. 26. DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO GESTIONAR PACIENTE.....	54
FIG. 27. DIAGRAMA DE CLASES PARCIALES DEL PROCESO GESTIONAR PACIENTE	54
FIG. 28. DIAGRAMA DE COLABORACIÓN DEL PROCESO GESTIONAR PACIENTE	54
FIG. 29. DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO GESTIONAR CITAS	55

FIG. 30. DIAGRAMA DE CLASES PARCIALES DEL PROCESO GESTIONAR CITAS.....	55
FIG. 31. DIAGRAMA DE COLABORACIÓN DEL PROCESO GESTIONAR CITAS	55
FIG. 32. DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO GESTIONAR DIAGNOSTICO.....	56
FIG. 33. DIAGRAMA DE CLASES PARCIALES DEL PROCESO GESTIONAR DIAGNOSTICO.....	56
FIG. 34. DIAGRAMA DE COLABORACIÓN DEL PROCESO GESTIONAR DIAGNOSTICO	57
FIG. 35. DIAGRAMA DE CLASES GENERAL.....	57
FIG. 36. DESARROLLO DE RED NEURONAL	70
FIG. 37. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE DISEÑO	59
FIG. 38. DIAGRAMA DE REALIZACIONES DE CASO DE USO DE DISEÑO SUBSISTEMA USUARIOS	59
FIG. 39. DIAGRAMA DE CLASES DE DISEÑO REGISTRAR PACIENTE	59
FIG. 40. DIAGRAMA DE SECUENCIAS DE <i>REGISTRAR USUARIOS</i>	60
FIG. 41. DIAGRAMA DE REALIZACIONES DE CASO DE USO DE DISEÑO FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	60
FIG. 42. DIAGRAMA DE CLASES DE DISEÑO GESTIONAR PACIENTE FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	61
FIG. 43. DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL PROCESO GESTIONAR PACIENTE FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	61
FIG. 44. DIAGRAMA DE CLASES DE DISEÑO GESTIONAR CITA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	61
FIG. 45. DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL PROCESO GESTIONAR PACIENTE FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	62
FIG. 46. DIAGRAMA DE CLASES DE DISEÑO GESTIONAR DIAGNOSTICO FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	62
FIG. 47. DIAGRAMA DE SECUENCIA DEL PROCESO GESTIONAR DIAGNOSTICO	63
FIG. 48. DIAGRAMA DE LA BASE DE DATOS DEL SISTEMA FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA	63
FIG. 49. ACCESO AL SISTEMA.....	64
FIG. 49. INTERFAZ DE MANTENIMIENTO DE PACIENTES	65
FIG. 50. INTERFAZ DEL REGISTRO DE PACIENTES	65
FIG. 50. INTERFAZ DE MANTENIMIENTO DE CITAS	66
FIG. 50. INTERFAZ DE REGISTRO DE CITAS	66
FIG. 50. INTERFAZ DE CAPTURA DE IMAGEN.....	67
FIG. 50. INTERFAZ DE REGISTRO DE IMAGEN PARA REALIZAR RECONOCIMIENTO	67
FIG. 50. INTERFAZ DE RESULTADOS DE RECONOCIMIENTO.....	68
FIG. 51. MODELO DE CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES	70
FIG. 52. RESULTADOS DE ENTRENAMIENTO	70

FIG. 53. GRÁFICO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENTRENAMIENTO	71
FIG. 54. INTERFAZ DE RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES	72
FIG. 55. INTERFAZ DE REGISTRO FINAL DE DIAGNOSTICO	72

Resumen

La salud bucal es un indicador importante de salud, bienestar y calidad de vida de las personas, pero al igual que el resto del cuerpo, la boca está llena de bacterias que comparten factores de riesgo comunes y pueden tener graves consecuencias llevando a la presencia de enfermedades bucodentales y que muchas veces su detección puede llevar un proceso tardío por parte del cirujano dentista profesional. Debido a esto, se llevó a cabo la presente investigación mediante el desarrollo de un sistema inteligente en una aplicación web, apoyado de un modelo de reconocimiento de imágenes basado en redes neuronales convolucionales, con el objetivo de identificar con precisión las enfermedades que se encuentran en la cavidad bucal. Se plantearon dos metodologías, Commonkads para la parte inteligente y RUP para el desarrollo de software, y finalmente se crea el modelo de reconocimiento junto a la aplicación web, incluyendo un odontograma como parte de realizar el proceso de diagnóstico. Además de probar su funcionalidad mediante validación del profesional que labora en el consultorio del área de odontología de la Clínica Metropolitana para el cumplimiento de los objetivos. Como resultado tenemos el uso de una herramienta tecnológica capaz de apoyar en la identificación de enfermedades bucodentales, llevándolo a cabo a través de los mismos procesos que se hace para llegar a un diagnóstico y brindar un tratamiento.

Palabras clave: Enfermedad bucodental, reconocimiento de imágenes, inteligencia artificial, redes neuronales convolucionales.

Abstract

Oral health is an important indicator of people's health, well-being and quality of life, but like the rest of the body, the mouth is full of bacteria that share common risk factors and can have serious consequences leading to the presence of oral diseases and that many times their detection can carry out a late process by the professional dental surgeon. Due to this, the present investigation was carried out through the development of an intelligent system in a web application, supported by an image recognition model based on convolutional neural networks, with the objective of accurately identifying the diseases found in the oral cavity. Two methodologies were proposed, Commonkads for the intelligent part and RUP for software development, and finally the recognition model is created together with the web application, including an odontogram as part of the diagnostic process. In addition to testing its functionality through validation of the professional who works in the office of the area of dentistry of the Metropolitan Clinic for the fulfillment of the objectives. As a result we have the use of a technological tool capable of supporting the identification of oral diseases, carrying it out through the same processes that are done to reach a diagnosis and provide treatment.

Keywords: Oral disease, image recognition, artificial intelligence, convolutional neural networks.

I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades bucodentales se consideran uno de los problemas graves de salud pública, debido a que afectan áreas limitadas del cuerpo humano; éstas generalmente pueden ser invisibles u ocultas. Sin embargo, existe una clara evidencia de que éstas pueden ser prevenibles o evitables, con enfoques simples y efectivos en todas las etapas de la vida a nivel individual y poblacional [1]. Dichas enfermedades llegan a afectar los dientes, encías, mucosas, lengua o incluso los labios; siendo las infecciosas las principales y más frecuentes; es decir, producidas por bacterias, virus u hongos, crónicas como en el cáncer bucal o provocadas por accidentes [2].

La mayoría de las enfermedades bucodentales comparten factores de riesgo con otras enfermedades no transmisibles (ENT), incluidas las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la diabetes y las enfermedades respiratorias. La exposición a diferentes factores de riesgo, como la mala higiene bucal, la alimentación poco saludable, especialmente el consumo persistente y excesivo de azúcar [3]-[4], consumo de tabaco y alcohol, conducen a patrones de desigualdad muy similares entre las distintas poblaciones, ya sea por enfermedad bucal o Enfermedad sistémica.

Según la Organización Mundial de Salud (OMS) estas enfermedades afectan a casi 3500 millones de personas a nivel mundial. Teniendo en cuenta un estudio sobre la carga mundial de morbilidad, en el 2019 mostró que las caries permanentes no tratados en los dientes es el problema de salud más común [4]. El Sistema de Información en Salud (HIS) del MINSA señaló que, en el Perú el 60% de los niños de 2 a 5 años padecen de enfermedades bucodentales, según [5] esta ha aumentado al 70% entre los escolares y adolescentes, mientras que, entre los adultos, está la cifra es del 98%. Por ello, la salud bucodental es parte importante e intermediaria en la calidad de vida de las personas, además de brindar una buena imagen estética, mantener la salud y prevenir enfermedades es fundamental.

Hoy en día, la inteligencia artificial ha hecho posible implementar nuevas tecnologías con capacidades cercanas a las de los humanos, capaces de resolver problemas que requieren amplios conocimientos en determinados campos. Una de las áreas más interesantes y abordadas son las redes neuronales artificiales, siendo el campo médico una de las primeras áreas de investigación, especialmente el uso del reconocimiento de imágenes para diagnosticar enfermedades.

Esta es una tendencia que cada vez es más prominente ya que los avances en el desarrollo de redes neuronales artificiales han demostrado el uso del aprendizaje profundo, especialmente los métodos que utilizan modelos de redes neuronales convolucionales; Así pues han logrado resultados satisfactorios en tareas de visión por computadora y un rendimiento adecuado en la clasificación de imágenes, es por esto que son capaces de extraer mucha de información a partir de ciertas características que tiene los objetos que se requiere analizar [6].

La presente investigación se abordará el caso del consultorio dental del área de odontología de la clínica Metropolitana - Chiclayo donde labora un solo profesional Cirujano Dentista. De acuerdo con la información recopilada partimos del hecho de que se observó que el principal caso de enfermedades bucodentales que se presenta es caries dental [Anexo 2]. En efecto la caries dental suele empezar de manera no visible a la vista en las fisuras del diente o también en espacios interdentales. En su etapa inicial, puede detenerse o incluso revertirla, pero en su etapa avanzada, formará una cavidad. En ese momento, se necesitan tratamientos para restaurar la función de los dientes, incluida la eliminación del tejido cariado y la realización de una obturación o corona. Al no tratarse a tiempo, la caries dental puede provocar una gran destrucción de los dientes, dolor e infección, llegando a conducir la formación de abscesos e incluso una septicemia. En su etapa avanzada, ya se necesita un tratamiento de endodoncia o extracción de dientes [3].

Dicha información es necesario para determinar lo que el paciente está padeciendo, pero en ocasiones su detección suele llevar un proceso tardío para el Cirujano Dentista, también la obtención de información sobre los pacientes y su historia clínica dental es una tarea compleja para el Cirujano Dentista porque no cuenta con un sistema automatizado que apoye la recolección y análisis de la información del seguimiento y tratamiento del paciente. Llegando a existir una deficiencia en el control de diagnóstico por paciente, generando dificultades en la gestión de registros para la detección de enfermedades bucodentales. Esta escasa evidencia de no contar con herramientas tecnológicas también dificulta al Cirujano Dentista como al paciente llegar observar de forma clara y rápida el estado visible de la boca y con ello poder concluir los tratamientos previo. La Carencia del personal profesional para atender a varios pacientes al día genera que el Cirujano Dentista encargado no ocupe el tiempo necesario para atender a todos

los pacientes en espera. Frente al escenario descrito surgió la interrogante: ¿Cómo apoyar en la identificación de enfermedades bucodentales? Definiendo como objetivo general el desarrollo de un sistema inteligente para el apoyo en la identificación de enfermedades bucodentales utilizando reconocimiento de imágenes para lo cual se recolectó un conjunto de datos (imágenes) agrupados en tres tipos de Caries diferentes: simple, compuesta y compleja. Por tanto, para realizar correctamente esta tarea ha sido necesario plantear como objetivos específicos identificar las características de la enfermedad bucodental para así desarrollar un modelo de sistema inteligente para su identificación utilizando redes neuronales convolucionales, por consiguiente, desarrollar una aplicación web híbrida que apoye a dicho modelo y finalmente determinando su fiabilidad y desempeño del sistema inteligente.

El logro de los objetivos y la propia investigación se justifica desde la perspectiva científica, económico y tecnológica. Como justificación científica, sirve de base como punto inicial para futuras investigaciones enfocado en el área de odontología, aplicando inteligencia artificial para la identificación de las enfermedades bucodentales. En cuanto a lo financiero, la realización del proyecto es justificable ya que no se necesita de recursos costosos y se dispone con capacidades necesaria para su desarrollo. Por último, el proyecto es justificable tecnológicamente ya que la integración de una herramienta tecnológica es de gran ayuda para la identificación de enfermedades bucodentales aumentando así la productividad de la organización.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

Se han considerado para esta investigación los siguientes antecedentes:

2.1.1. Antecedentes internacionales

Velasquez [7] narra la problemática acerca de las enfermedades bucales prevenibles y como la falta de cuidado puede llegar a presentar graves consecuencias; pese a los síntomas que pueda tener una persona este no acude al médico odontólogo ya sea por factores como el tiempo, o dinero, lo cual esta persona llega a obtener la enfermedad. Propone el desarrollo de un sistema experto para diagnosticar y brindar un tratamiento de las enfermedades bucales

prevenibles; llegando ayudar al médico dentista y a los pacientes en el diagnóstico y como llevar un tratamiento adecuado. El sistema experto fue establecido mediante la metodología Buchanan, usando lógica difusa para el manejo de la información, evaluar principalmente el tipo de enfermedad que un paciente pueda presentar de acuerdo con sus síntomas. Finalmente, el sistema fue implementado satisfactoriamente de acuerdo con los requerimientos que se estableció por el consultorio dental “Virgen de Remedios”, haciendo de este un Sistema capaz de brindar información confiable, accesible y oportuna. Se tomó en consideración esta tesis porque presenta la misma problemática acerca de las enfermedades bucales y cómo el uso de una herramienta tecnológica ayuda en el proceso del diagnóstico, pero para esta presente tesis se abordará una solución con una tecnología actual que mejore la eficiencia y eficacia del diagnóstico implementando redes neuronales convolucionales con reconocimiento de imágenes.

Bustos [8] narra la problemática del cáncer de pecho y como ésta dificulta a los médicos al momento de realizar el diagnóstico, puesto que consta de diversas etapas y conforme está avanzada su análisis es muy costoso dado al tamaño de las imágenes, y propensa a errores debido al nivel de fatiga y experiencia de médico durante la realización del diagnóstico. Entonces, haciendo uso de las redes neuronales convolucionales, desarrolla un sistema que permita reducir errores en la detección de cáncer y disminuir la carga de trabajo realizada por los médicos. Finalmente se concluye que el sistema ha logrado una tasa de acierto del 100% en la predicción de las imágenes logrando agilizar el diagnóstico de cáncer de pecho. Se tomó en consideración esta tesis ya que también se trata de una enfermedad en este caso del cáncer de pecho y cómo el desarrollo de un sistema haciendo uso de las redes neuronales 15 convolucionales (CNN) sirve de apoyo a los médicos para la realización del diagnóstico aportando así un mayor conocimiento y entendimiento de las CNN en la presente investigación.

Montes [9] describió el problema de la retinopatía diabética una complicación visual causada por la diabetes lo que puede provocar cambios en los vasos sanguíneos, dañar la retina y causar ceguera. Sin embargo, la realización del diagnóstico es una actividad que requiere mucho tiempo porque consta de dos formas, detección manual o imágenes del fondo de ojo. Por lo que propone una metodología para clasificar las imágenes de fondo de ojo de las diferentes etapas de la retinopatía diabética y obtener un procedimiento eficaz que permita el diagnóstico de la enfermedad haciendo uso de las redes neuronales convolucionales. Finalmente, para llegar a los resultados, esta investigación utilizó dos bases de datos de imágenes de fondo de ojo, Messidor y Messidor 2, para clasificar el estado de esta enfermedad según el número de lesiones. Sin embargo, el resultado de la base de datos Messidor basado en la puntuación de la evaluación del índice kappa arrojaron un puntaje de 0,64, lo que indica que tiene una buena fuerza de consistencia, mientras que la puntuación de la base de datos Messidor 2 es 0,56, lo que indica que el grado de consistencia es moderado. Se tomó en consideración esta tesis porque propone una metodología haciendo uso de las redes neuronales convolucionales y el grado de impacto que puede tener para a un diagnóstico rápido sobre los médicos y pacientes.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Cubas et al [10] mencionan la problemática acerca de la carencia de una herramienta tecnológica de apoyo al diagnóstico y clasificación de catarata senil implica que el personal especializado realice un análisis manual para la identificación de características visuales particulares donde contribuyan a determinar la presencia o ausencia de la enfermedad ocular puesto que describen lo dificultoso que implica la detección y clasificación de la catarata senil. Aplicando la metodología ágil Mobile-D, planteando como solución el desarrollo de un sistema de diagnóstico preliminar para la clasificación de catarata senil mediante redes neuronales convolucionales, colaborando íntegramente con el médico, optimizando el proceso de

diagnóstico y brindar un resultado fiable con el mínimo margen de error. Utilizado para el backend framework de Python denominado Django junto a la librería de Tensorflow para la inteligencia artificial. Finalmente se concluye que el sistema logra una mejora significativamente la precisión del diagnóstico. Del mismo modo, el análisis realizado puede asegurar que el incremento promedio fue de al menos el 10,31500%. Y se concluye que luego de obtener los resultados a través de los indicadores establecidos, el sistema de diagnóstico preliminar basado en la red neuronal convolucional puede considerarse como un apoyo para la optimización de las actividades del médico. Se consideró esta tesis porque la utilización de framework de Python juntos con las librerías Tensorflow que serán de gran aporte para el desarrollo del sistema.

Tejada [11] describe el uso de modelos de aprendizaje profundo para detectar el cáncer de piel a partir de imágenes ya clasificados en melanoma maligno y benigno. En respuesta a la solución a este problema, se han evaluado diferentes redes neuronales convolucionales para obtener una mejor precisión de imagen. El modelo establecido para este problema se basa en la clasificación binaria, utilizando un valor de 1 para malignos y 0 para benignos, de manera que el melanoma se pueda detectar de forma temprana, lo cual es muy útil. La solución propuesta es una nueva arquitectura para el entrenamiento y la verificación de imágenes. El proyecto finalmente comparó los resultados que se han realizado en otra investigación, en la que los indicadores del presente trabajo se han mejorado significativamente a través de tres niveles. Estos resultados se evalúan utilizando repositorios de imágenes, que son validados por centros de salud especiales para el cáncer de piel. Esta investigación es considerada, porque también evalúan distintos modelos de redes neuronales a partir de imágenes clasificadas que aportan en la investigación presente.

García [12] narra la problemática acerca de cómo cada vez es más frecuentes el incremento de casos de enfermedades renales en los diversos grupos de población (adultos mayores, adultos y niños, etc.) y que gran parte desconoce o no le toma importancia, lo cual conlleva a no asistir a los consultorios médicos por falta de educación para la salud y por costumbres personales. De la misma manera el tiempo en realizar un diagnóstico es muy elevado para los médicos ya que no cuentan con herramientas tecnológicas que permita agilizar los tiempos y trabajo. Por lo que propone un sistema Inteligente capaz de automatizar el proceso de diagnóstico previo de enfermedades renales a través de imágenes de pruebas de orine con tiras reactivas, capturadas desde un celular, utilizando algoritmos de redes neuronales convolucionales. Finalmente concluye que el sistema obtuvo un 98% para reconocimiento acertado de los diagnósticos, que es bastante aceptable. Se consideró esta tesis ya que el sistema permite efectuar un diagnóstico previo en problemas de enfermedades renales, permite abstraer la información de relevancia y con ello poder emitir un resultado que puede servir para el médico y para el paciente.

2.2. Bases teórico-científicas

2.2.1. Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial es una herramienta de desarrollo en el mundo moderno y, si bien no existe una definición unificada de inteligencia artificial, generalmente se puede considerar como una amplia categoría de software que realiza tareas tradicionalmente realizadas por humanos y máquinas que simulan procesos de inteligencia humana. El aprendizaje, el razonamiento y la autocorrección están incluidos en dichos procesos. Los sistemas expertos, reconocimiento de voz y visión artificial son aplicaciones específicas de la inteligencia artificial [13].

Según [14] clasifica la Inteligencia Artificial en dos tipos principales. La primera conocida como Inteligencia artificial simbólica o también llamado software basado en el conocimiento,

dado que ésta usa reglas lógicas y axiomas que son programados dentro del software por personas para realizar deducciones, a fin de tomar las mejores decisiones basados en reglas predefinidas dentro de un campo específico. La segunda es clasificada como subsimbólica, lo cual aprenden automáticamente a través de patrones e inferencias. Por lo tanto, incluye software de aprendizaje automático (machine learning), apoyándose en algoritmos para extraer patrones desde datos y puede sacar conclusiones complejas que para los humanos pueden resultar complejas.

2.2.1.1. Machine Learning

En su traducción, aprendizaje profundo, pertenece a una de las ramas del campo de la inteligencia artificial. Éstas proporcionan a las computadoras algoritmo con capacidades de aprendizaje sin programación explícita, centrándose en el desarrollo de programas informáticos que pueden cambiar cuando se exponen a nuevos datos. [15]. Por lo tanto, el aprendizaje automático es un algoritmo que procesa nuevas entradas. Llevan un mejor desempeño cuando su capacidad es apropiada para la verdadera complejidad de la tarea que realizan y la cantidad de datos de entrenamiento que reciben [11].

2.2.1.2. Deep Learning

Conocido como aprendizaje profundo, es un tipo de aprendizaje que imita la forma en que los humanos adquieren ciertos tipos de conocimiento. Dicho aprendizaje profundo se puede considerar como un método de análisis predictivo automatizado. Mientras que los algoritmos de aprendizaje automático tradicionales son lineales, estos algoritmos de aprendizaje profundo se apilan en jerarquías cada vez mayores de complejidad y abstracción. Para obtener un nivel de precisión aceptable o crear modelos predictivos precisos, los programas de aprendizaje profundo requieren de grandes cantidades de datos para su entrenamiento y poder de procesamiento [16].

2.2.1.3. Redes neuronales Artificiales

Las redes neuronales artificiales son modelos computacionales que consisten en elementos llamados neuronas, mediante ellas podemos realizar tareas de predicción o clasificación. También, son sistemas con una representación inspirada en funciones del cerebro humano y tratan de emular su comportamiento, intentando reproducir el aprendizaje llegando a realizar tareas determinadas consistiendo en unidades de procesamiento denominada neuronas lo cual están conectadas entre ellas. La arquitectura general de estos sistemas consta de capas. Capa de entrada, dependiendo la tarea a realizar, en ésta se introducen los datos dependiendo de la tarea. La capa utilizada entre la capa de entrada y la capa de salida se denomina capa oculta, que realiza el procesamiento de información de la red neuronal artificial como se muestra en la Fig. 1. La capa de salida, encargada de representar los valores de la clase a la que pertenece una imagen y donde las neuronas procesan la clasificación deseada [17].

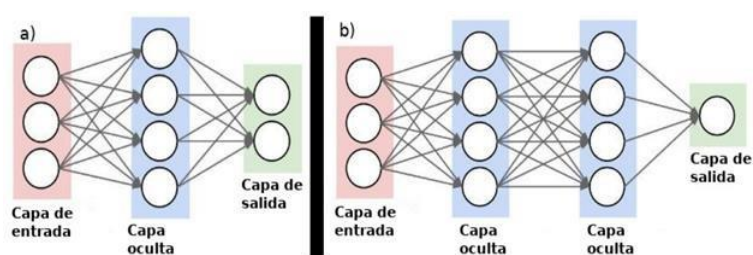


Fig. 1. Topología de una red neuronal con sus respectivas capas [11]

2.2.1.4. Redes neuronales Convolutional

Parte de la arquitectura de las redes neuronales que se utiliza ampliamente para el procesamiento de datos especialmente en imágenes. Esta red es superior a la neuronal tradicional totalmente conectada. Estos datos son preprocesados por filtros convolucionales y características descriptivas contenidas en el vector de entrada de la red de gran dimensión, que se mantienen en el vector de entrada

de la red de menor dimensión sin perder los descriptores de imagen relevantes. [18].

Según [10] hace mención que la red neuronal convolucional, tiene la poderosa capacidad de identificar características, procesar y clasificar objetos mediante el uso de filtros. También tiene como objetivo eliminar el engorroso procesamiento del reconocimiento de características, minimizando cantidades de parámetros que procesa cada capa de la red. Esto es ventajoso porque cada capa de la red está capacitada para realizar tareas específicas. Dicho esto, las redes convolucionales se organizan de la siguiente manera.

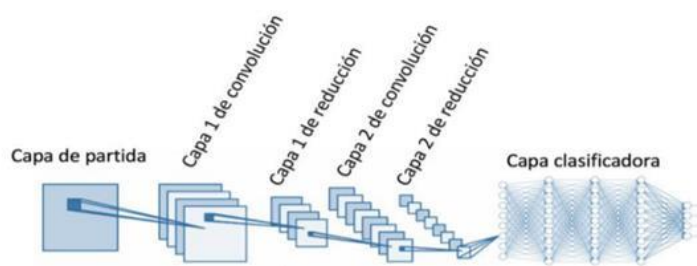


Fig. 2. Arquitectura de una red neuronal convolucional [17]

Las arquitecturas comunes en las redes neuronales convolucionales emplean la extracción de características que son pares de capas convolucionales, una capa "Max-Pooling" que reducen la dimensionalidad. La capa de agrupación es la que selecciona la característica más importante de un grupo de características adyacentes. Selecciona píxeles con el mayor valor de cada submatriz adyacente. El tamaño de estos subarreglos está determinado por un parámetro que es el mismo que el paso (o zancada) entre una piscina y otra. [10].

2.2.1.5. Capa de convolución

La acción de convolución recibe una imagen de entrada, aplica una serie de filtros, utilizado para la detección de ciertas características en partes distintas a la de entrada, devolviendo como resultado la determinación de un mapa

de características de la imagen que fue procesada, reduciendo el tamaño del parámetro[8]

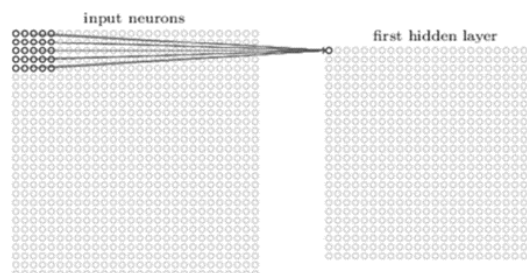


Fig. 3. Operación básica de convolución [18]

La convolución se aplica a una ventana de un tamaño determinado. Estas ventanas se "mueven" alrededor de la imagen, operando sobre capas totales que están presentes. De esta forma, procesa la imagen completa independiente del tamaño y profundidad de las capas. La dimensión de la salida depende de varios factores. El más importantes es la técnica para tratar con los límites de la imagen [18].

En resumen, las capas convolucionales pueden reducir la cantidad de elementos que componen la red y detectar una variedad de características que son útiles al analizar imágenes concluyendo que las capas convolucionales son muy útiles en el análisis de imágenes para reducir su complejidad, extraer rasgos útiles de éstas que ayuden con su análisis [21].

2.2.1.6. Pooling

Después de obtener las características de la capa convolucional, se encuentra la capa de agrupación, que es el siguiente paso en la clasificación de la imagen, encargada de seleccionar las características más comunes con el fin de reducir el volumen de dimensión espacial de la entrada. utilizado para la siguiente capa convolucional sin profundidad de influencia. Debido al tamaño reducido y la pérdida de información, las operaciones realizadas en esta capa también se denominan reducción de muestreo, lo que es ventajoso porque el tamaño reducido da como

resultado una sobrecarga computacional más baja en la siguiente capa, además del hecho de que se puede reducir el sobreajuste [8]-[11]. Por tanto, el objetivo de esta capa es reducir aún más la carga computacional del sistema, al mismo tiempo que ayuda a caracterizar la imagen, adquiriendo y localizando las características principales en ella [21].

2.2.1.7. Capa full-connected

Esta es la última capa del esquema de red neuronal convolucional y viene después de la última capa de agrupación (pooling). Es un clasificador que determina a qué clase pertenece la imagen de entrada, es decir, en esta capa, las neuronas se tratan por separadas por cada píxel al igual que en una red neuronal. Es la encargada de la clasificación y el número de neuronas correspondiente tendrá al número de clases a predecir. Es decir, cada una de estas neuronas está a su vez conectada con cada elemento de la matriz de la capa anterior [21].

2.2.2. Clasificación de imágenes

El reconocimiento o clasificación de imágenes Según [12] implica a una imagen asignarle una etiqueta de un conjunto de categorías definidas en función de sus características. Desde una perspectiva de aprendizaje automático, la clasificación de imágenes es un problema de aprendizaje supervisado en el que un algoritmo clasificador genera un modelo a partir de un conjunto de datos o un conjunto de imágenes previamente clasificadas. El modelo obtenido se utiliza posteriormente para clasificar nuevas imágenes. Para estos algoritmos, la imagen es una matriz tridimensional cuyas dimensiones son ancho, alto y profundidad de color, y el contenido de cada posición en la matriz es un valor numérico que representa la intensidad de color de cada píxel de la imagen digital.

2.2.3. Python

Es un lenguaje de programación interpretado de multiplataforma, dinámico, y multiparadigma (permitiendo programación orientada a objetos, funcional e imperativa), basado en una sintaxis que facilita código legible, compatible y limpio, permite flexibilidad de desarrollo rendimiento y velocidad, con unas pocas líneas de código, se puede implementar lo que sería más tedioso en otros lenguajes. Se utiliza para la web, el back-end y el desarrollo de software, convirtiéndose en uno de los lenguajes más populares para la inteligencia artificial. Tiene una gran cantidad de bibliotecas, lo que es bueno para el desarrollo, especialmente en el campo de la inteligencia artificial [21].

2.2.4. Tensorflow

Es una biblioteca de código abierto para el aprendizaje automático desarrollada por Google. Es una matriz de números y su nombre hace referencia a cómo se procesa la información. El flujo de esos números es lo que se realiza para transformarlos, ofreciendo la posibilidad de ejecutarse en CPUs y GPUs, que son procesadores que permiten un entrenamiento más rápido y eficiente a la hora de entrenar una inteligencia. Con el tiempo su evolución lo a llevado hacia la simplicidad y facilidad de uso, enfocados en modelos de redes neuronales. En su versión 2.0, Tensorflow, incluyó de manera oficial a la Api Keras con un alto nivel y con el objetivo de mejorar y ofrecer una versión más accesible para los desarrolladores [21].

2.2.5. Keras

Es una biblioteca de código abierto que tiene un front-end para el modelado de sistemas inteligentes, que es la fortaleza de esta biblioteca, ya que proporciona API que se puede usar para la definición de sistemas basados en redes neuronales de nivel alto y calcula el back-end para el entrenamiento de estos.

Es interesante cómo evoluciona generando un nivel de eficiencia y eficacia, a la hora de definir modelos, y cómo se convirtió en parte esencial de otras librerías para definir modelos avanzados [21].

2.2.6. Metodología Commonkad

El método CommonKads es utilizado como estándar por los responsables de la gestión del conocimiento o ingenieros del conocimiento, cubriendo todo el ciclo de desarrollo de software. Dicha metodología consta de tres niveles. Identificar el nivel de contexto de los problemas y oportunidades a abordar, dado el impacto que se está produciendo en la organización. En esta sección, lo más importante es entender el contexto y el ambiente de trabajo. Para ello se utiliza un modelo organizativo, un modelo de tareas y un modelo de agente. La segunda capa de conceptos incluye la comprensión de la organización al dividir la organización en dos modelos, la primera capa es el conocimiento, que explica la estructura de conocimiento utilizada para generar o realizar una tarea específica, y la segunda capa de modelos de comunicación determina la relación entre las organizaciones. Cada proceso involucra a un agente diferente. Finalmente, el nivel de artefacto que contiene el modelo de diseño se usa para describir la arquitectura y el diseño como un paso previo a la implementación [20].

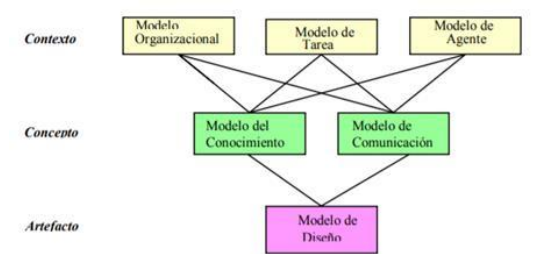


Fig. 4. Metodología CommonKads [20]

2.2.7. Enfermedades bucodentales

Las enfermedades bucodentales comparten factores de riesgo con otras importantes enfermedades no transmisibles y afectan a las personas a lo largo de su vida, provocando dolor, malestar, desfiguración e incluso la muerte. Algunas de las enfermedades bucodentales pueden prevenirse con una buena higiene bucal, etc., sin embargo, si son más graves pueden prolongarse a lo largo del tiempo [4] – [26].

Según la OMS, menciona a los principales trastornos de salud bucodental de las cuales son:

- caries dental.
- Periodontopatías.
- Cánceres bucales.
- Manifestaciones bucodentales del VIH.
- Traumatismos bucodentales.
- Labio leporino y paladar hendido.

Estas enfermedades a menudo son causadas por un estilo de vida oral desordenado, ya sea una dieta alta en azúcar, fumar o un consumo excesivo de alcohol. Estas enfermedades bucodentales se consideran uno de los problemas de salud más comunes en la sociedad.

2.2.7.1. Caries Dental

La caries, una enfermedad transmisible e infecciosa, caracterizada por la desintegración progresiva de los tejidos calcificados de los dientes. Debido a la acción de los microorganismos que integran la placa dental manifestándose con lesiones progresivas que, al no tratarse a tiempo, su tamaño aumentará, avanzando hacia la pulpa dentaria, provocando, dolor, inflamación y finalmente, necrosis dental y pérdida de vitalidad. Es una de las enfermedades crónicas más comunes que se produce desde la infancia y se propaga por todo el mundo independientemente de la raza o el género. Los impactos en la salud son de presencia grave en las personas, como dolor intenso, infecciones faciales, hospitalización o visitas a la sala de emergencias, altos costos de tratamiento y deterioro de la calidad de vida relacionado con la salud [26].

2.2.7.2. Caries Simple

Las simples son lesiones que abarcan solo una superficie dentaria [21]



Fig. 5. Lesiones cariosas con caries simple. [21]

2.2.7.3. Caries Compuesta

Son Aquellas que involucran lesiones abarcando dos caras de un diente.



Fig. 6. Lesiones cariosas con cavidad compuesta. [21]

2.2.7.4. Caries Compleja

La unión de más de dos cavidades simples son las que están constituidas por estas lesiones donde abarcan tres o más superficies del diente.



Fig. 7. Lesiones cariosas con cavidad compleja. [21]

2.2.8. Cavidad.

Cavidad es la forma interna o externa que se da a un diente para efectuarle una restauración con fines preventivos, estéticos, de apoyo, de sostén o reemplazo de otras piezas ausentes. Los procesos patológicos es una de las causas, también los traumáticos o defectos congénitos, como la hipoplasia en los dientes lo que producen huecos, agujeros o deformaciones. Las cavidades utilizadas para la investigación y ejecución se clasifican según su extensión: como simples, compuestas y complejas [26].

2.2.9. Dientes.

Los dientes son estructuras que están unidas al maxilar por tejido periodontal y crecen a través de las encías. Por tanto, están compuestas por diversas capas de tejido, que son las que dan lugar a la consistencia, dureza y resistencia que caracteriza a este elemento esencial del proceso digestivo [23].

Cada diente tiene una misión en nuestra cavidad bucal, dependiendo de su forma y tamaño. Según [23] éstas se agrupan en:



Fig. 8. Nombre de los dientes [24]

- **Incisivos:** Son los cuatro dientes frontales más visibles situándose en la parte central de la boca. Dos de ellos se les conoce como paletas la cual se ubican en zonas superiores, y los otros dos adyacentes serían los incisivos laterales.
- **Caninos:** Denominada colmillos, debido a su forma afilada cumpliendo un notable papel en la trituración de alimentos.
- **Premolares:** Generalmente, a este tipo de dientes se les conoce como "muelas", pero se les llama premolares porque están ubicados entre los dientes caninos y los molares y con una función básica de ayudar a la digestión y la ingesta de alimentos a través de la masticación.

- **Molares:** También tienen una forma plana y tienen un efecto más activo durante la masticación.

2.2.9.1. Partes del diente

Como ya se explicó en el punto anterior sobre los diferentes tipos del diente y como se han clasificado según sus características. Es fundamental saber de toda la pieza dentaria:

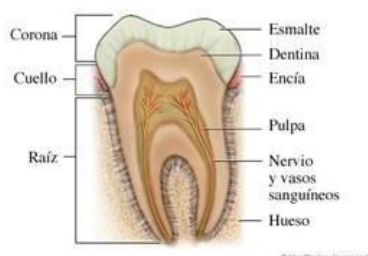


Fig. 9. Anatomía dental. [25]

La parte del diente que es visible por encima de las encías es la corona, mientras que el cuello es la parte del diente ubicada entre la raíz y la corona por lo que la raíz es la parte del diente que está debajo de la encía, y la capa superior de la corona es el esmalte. Entonces, debajo del esmalte está la dentina, que rodea la pulpa y dentro de la pulpa se encuentran los vasos sanguíneos y los nervios del diente. En algunos dientes tienen solo una o dos raíces, mientras que los molares pueden tener cuatro raíces [25].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada porque busca generar conocimiento científico para solucionar problemas que beneficien a la sociedad en el campo de la medicina específicamente en el campo de odontología, desarrollando un sistema inteligente de reconocimiento de imágenes orientadas al apoyo en la identificación de enfermedades bucodentales basado en redes neuronales convolucionales, buscando automatizar el resultado del diagnóstico en el consultorio dental del área de odontología de la clínica Metropolitana – Chiclayo.

De acuerdo con la investigación que se desarrollará sigue un diseño preexperimental, aplicando una pre-prueba y post-prueba dentro de un grupo de estudio determinado de la siguiente manera:

TABLA I
TIPO DE INVESTIGACIÓN

Grupo	Pre - Test	Intervención del Sistema Inteligente	Post - Test
G	O ₁	X	O ₂

Donde:

G = Grupo de pacientes.

O₁= Pruebas preliminar pre-prueba que se sigue para realizar el diagnostico de enfermedades bucodentales antes de implementarse el sistema inteligente.

X = Condición experimental expuesta en la presente investigación en este caso el sistema inteligente.

O₂ = Proceso de post-prueba después del desarrollo del sistema.

3.2. Métodos de investigación

Los métodos de investigación empleados serán los siguientes:

TABLA II
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Descripción
Analítico	Estudio y análisis del problema que presenta la organización.
Deductivo	Se realizó una propuesta de implementación de un sistema de reconocimiento de imágenes que será para el apoyo en el diagnostico de enfermedades bucodentales.
Implementación	Se implementó el sistema inteligente para el apoyo en el diagnostico de enfermedades bucodentales.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la posterior tabla se describen las técnicas e instrumentos que fueron utilizadas para la recolección de datos.

TABLA III
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Entrevista	Cuestionario	Cirujano Dentista	Obtener conocimiento sobre las enfermedades bucodentales que ocurren con frecuencia en los pacientes.
<i>(ver anexo N° 02)</i>			
Observación	Ficha de registro de datos	Ficha de evaluación odontológica	Observar el proceso de la realización del diagnostico

3.4. Procedimientos

3.4.1. Metodología de desarrollo

A continuación, se mencionan las actividades a realizar en cada iteración utilizando la metodología Commonkads para el manejo del conocimiento e información, y la metodología Rup para la parte del desarrollo del software.

1. Nivel de contexto:

a. Modelo de organización:

Comprender el impacto de las acciones organizacionales que se tomarán durante la implementación.

- ✓ Identificar problemas y oportunidades de mejora.
- ✓ Identificar la estructura, los procesos, las personas y los recursos de la organización.
- ✓ Descomponer los procesos de negocio de una organización.
- ✓ Descomposición de los activos de conocimiento.
- ✓ Documento de análisis de factibilidad.

b. Modelo de tareas:

Este modelo se realiza especialmente cuando el análisis de factibilidad se ha realizado a través de la etapa anterior.

- ✓ Realizar una descripción detallada de las tareas que realizarán los agentes previamente mencionados.

c. Modelo de agentes:

Después de ser aprobado el modelo de organización y ejecutado el modelo de tareas, en ese modelo se debe analizar y mejorar el impacto según el punto de vista del agente que realiza una tarea.

- ✓ describir a los agentes encargados de realizar las actividades mencionadas en el modelo de tareas.

- ✓ Diagrama de análisis RUP.

2. Nivel de Concepto.

a. Modelo de conocimiento:

En este modelo, se desarrollan el conocimiento del dominio de inferencia y el conocimiento de la tarea.

- ✓ Proporciona descripciones conceptuales independientes de la implementación de las funciones que desempeñan los diferentes elementos del conocimiento en la resolución de problemas.

b. Modelo de conocimiento:

Este modelo especifica el intercambio de datos que se produce a través de los diferentes agentes que participan en esta actividad.

3. Nivel de Construcción

En este nivel se desarrollaron las siguientes actividades:

a. Modelo de diseño:

En este modelo se da a conocer la funcionalidad del sistema apoyandose de la metodología Rup para la implementación del software, desarrollando un diagrama de clases de diseño para gestionar el diagnóstico.

- ✓ Diseñar interfaces para el diagnóstico.
- ✓ Diseño de arquitectura tecnológica

3.4.2. Producto acreditable

1. Interfaces

Se construyeron las interfaces del sistema inteligente para el apoyo en el diagnóstico de enfermedades bucodentales, haciendo uso del lenguaje Python con librerías de inteligencia artificial (Keras, tensorflow) para la elaboración del modelo de red neuronal convolucional. Framework Django para el entorno web considerando módulos donde soporta el proceso de realización de dicho diagnóstico. las mismas que se presentan en el *ítem*

4.1.3.2.6. Nivel de diseño: Interfaces, en el Capítulo IV. Resultados.

2. Arquitectura

Se diseñó una arquitectura ideal para el funcionamiento del sistema inteligente, la cual se detalla en el ***ítem 4.1.3.2.5. Nivel de diseño: Arquitectura, en el Capítulo IV. Resultados.***

3.5. Matriz de consistencia

TABLA IV
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>		<u>MÉTODOLÓGÍA DE INVESTIGACIÓN</u>		
¿De qué manera se podrá apoyar en la identificación de enfermedades bucodentales en un consultorio odontológico?		<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> Tecnología Aplicada		
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>MÉTODO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>		
Desarrollar un sistema inteligente para el apoyo en la identificación de enfermedades bucodentales con el uso de reconocimiento de imágenes.	Analítico	Estudio y análisis del problema que presenta la organización		
	Deductivo	Se realizó una propuesta de implementación de un sistema de reconocimiento de imágenes que será para el apoyo en el diagnóstico de enfermedades bucodentales		
	Implementación	Se implementó el sistema inteligente para el apoyo en el diagnóstico de enfermedades bucodentales		
	<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>	<u>PROPÓSITO</u>
	Entrevista	Guía de preguntas	Cirujano Dentista	Obtener conocimiento sobre las enfermedades bucodentales que ocurren con frecuencia en los pacientes.
	Observación	Ficha de registro de datos	Ficha de evaluación odontológica	Conocer el proceso en la realización del diagnóstico.
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>		<u>INDICADORES</u>	
Identificar las características de las enfermedades bucodentales.	Determinar las características de las imágenes por cada enfermedad bucodental que se usarán en el modelo.		Numero de imágenes por característica de cada enfermedad.	
Desarrollar un modelo de sistema inteligente de reconocimiento de imágenes para la identificación de enfermedades bucodentales apoyado de redes neuronales convolucionales.	Se realiza con el fin de Obtener el modelo computacional para la identificación de enfermedades bucodentales. Su propósito es verificar la precisión y exactitud al momento del entrenamiento.		Modelo computacional de reconocimiento de enfermedades bucodentales. Nivel perdida y exactitud que se define en el modelo.	
Determinar la fiabilidad y precisión del modelo de reconocimiento de enfermedades.	Se definen los algoritmos y técnicas a implementar para verificar que el modelo está funcionando de manera efectiva y eficiente.		Cantidad de validaciones para el funcionamiento del software.	

Desarrollar una aplicación web
que apoye el modelo del sistema.

3.6. Consideraciones éticas

A continuación, se listan los aspectos que se han considerado para la protección y bienestar de los participantes de esta investigación, en este caso los pacientes, así como de la seguridad (resguardo) de los datos:

Con respecto a la información brindada por la organización en estudio:

- ✓ Aplicación de la entrevista al Cirujano Dentista como técnica de recolección de datos.
- ✓ El Cirujano dentista deben tener claro que la información proporcionada del paciente es con fines académicos y sin la necesidad de divulgar ningún tipo de información a personas ajenas.
- ✓ Toda la información recopilada será utilizada exclusivamente para esta investigación.
- ✓ La información proporcionada no puede ser manipulada en beneficio personal o mal uso.
- ✓ La institución autorizó la ejecución de la presente tesis.
- ✓ Seguridad de información.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. En base a la metodología utilizada

4.1.1. Nivel de contexto.

El objetivo de este nivel es analizar la Organización en donde se ejecutará el estudio desde diferente perspectiva; El consultorio dental del área de odontología de la clínica Metropolitana - Chiclayo dedicada a contribuir al cuidado de la vida y la recuperación de la salud mediante un servicio especializado con criterios de equidad, eficacia, eficiencia y calidad, con un enfoque integral centrado en los pacientes. Además, porque se cuenta con el apoyo de un Cirujano Dentista que labora en la clínica involucrado con el tema de investigación.

4.1.1.1. Modelo de Organización

a) Hoja de Trabajo OM-1: Problemas y soluciones.

<p>Problemas</p>	<p>Deficiencia en el control de diagnóstico por paciente, ya que crea dificultades en la gestión de registros para la detección de enfermedades bucodentales.</p> <p>Actualmente no existe un sistema de gestión que cubra todos los procesos de la clínica, lo que genera un desorden o pérdida de Información de los pacientes y las fechas en que fueron realizadas los diagnósticos.</p> <p>En la actualidad no existe una herramienta tecnológica que permita tanto al cirujano dentista como al paciente observar de forma clara y rápida el estado visible de su cavidad bucal.</p> <p>Carencia del personal profesional para atender a varios pacientes al día genera que el Cirujano Dentista encargado no ocupe el tiempo necesario para atender a todos los pacientes en espera.</p>
<p>Contexto de la organización</p>	<p>Misión Contribuir al cuidado de la vida y la recuperación de la salud mediante un servicio especializado con criterios de equidad, eficacia, eficiencia y calidad, con un enfoque integral centrado en nuestros pacientes y sus familias.</p> <p>Visión Contamos con un equipo humano competitivo y calificado, una infraestructura funcional y modernos equipos</p> <p>Ser líder en atención integral, sobresaliendo por su infraestructura de excelencia, servicios de salud altamente especializados, equipo profesional capacitado y por una atención personalizada brindada a cada paciente con calidez y trato cordial</p>

	Se plantea un sistema tecnológico que aporte en la identificación de enfermedades bucodentales mediante uso de reconocimiento de imágenes.
Soluciones	El sistema inteligente debe aportar información tanto al Cirujano Dentista como a los pacientes acerca de cada enfermedad que padece según el grado de lesión. Dicha solución aportaría en el proceso de gestión y del diagnóstico.

b) Hoja de trabajo OM-2: Aspectos Variables.

Estructura	La organización de estudio es la Clínica privada Metropolitana de la región Lambayeque dedicado en contribuir al cuidado de la vida y la recuperación de la salud a través de servicios profesionales. El área donde se han considerado para realizar la investigación es "Odontología"
Procesos	El profesional encargado del área empieza por tomar los datos de los pacientes y posteriormente a realizar algunas preguntas; si padece de alguna enfermedad, si es alérgico a un medicamento y el motivo de consulta. dependiendo a lo que detalle el paciente va llenando datos. Teniendo la información requerida y documentada en la ficha de evaluación odontológica empieza por revisar la cavidad bucal. Una vez realizado, empieza por llenar el odontograma (Gráfico establecido donde plasma todo lo que se encuentra en la cavidad bucal) [Anexo02], concluyendo así el llenado del diagnóstico, para luego explicarle al paciente que es lo que padece y lo que necesita y poder tratarlo. El paciente es el que decide si llevar el tratamiento se empiezan a programar citas.
Personas	La especialidad de Odontología quien cuenta con un solo equipo profesional Cirujano Dentista. Encargado de brindar los cuidados en la salud bucal, realizando procedimientos de rutina y de emergencia a los fines de mejorar la salud de sus pacientes. Los Pacientes, individuos que acuden a los servicios de odontología que pueden presentar mayores riesgos y que requieren cuidado.
Recursos	Hojas de Evaluación: - Ficha de evaluación odontológica. - Ficha de Consulta externa.
Conocimiento	Conocimiento en la identificación de enfermedades bucodentales. Control en diagnosticar y dar tratamiento a los pacientes según las enfermedades identificadas después de la evaluación respectiva.
Cultura y Poder	Para el diagnostico de las enfermedades bucodentales que realiza el profesional cirujano dentista, se lleva a cabo en el consultorio dental del área de odontología. Lo cual en base a su conocimiento y experiencia este determina el estado de lesión en la que se encuentra un diente, clasificándolo como caries simple, caries compuesta y caries compleja.

c) **Hoja de trabajo OM-3: Descomposición del proceso denegocio.**

Modelo de Organización			Descomposición de los procesos		
Nº	Tarea	Realizado por	¿Dónde?	Recurso de conocimiento	Importancia
1	Obtener la información de paciente para su gestión.	Cirujano Dentista	Consultorio	Conocer el protocolo sobre información requerida de pacientes.	Necesaria
2	Rescatar características visibles en la cavidad bucal para determinar la enfermedad bucodental.	Cirujano Dentista	Consultorio	Detectar las características de cada la enfermedad bucal.	Importante
3	Priorizar la complejidad del impacto de la enfermedad detectada	Cirujano Dentista	Consultorio	Evaluación de presencias de enfermedades bucodentales.	Importante
4	Asignar diagnostico según lo priorizado	Cirujano Dentista	Consultorio	Manejo de ficha de evaluación en base a los diagnósticos asignados.	Importante

d) **Hoja de trabajo OM-4: Descomposición de Activos de conocimiento.**

Recurso de conocimiento	Pertenece	Forma adecuada	¿Lugar adecuado?	¿Tiempo adecuado	¿Calidad adecuada?
Conocer el protocolo sobre información requerida de pacientes	Cirujano Dentista	Sí	Sí	Sí	Sí
Detectar características de cada la enfermedad bucal.	Cirujano Dentista	Si, aunque pudiese respaldarse por un Sistema Inteligente	Sí	Sí	Sí
Evaluación de presencias de enfermedades bucodentales.	Cirujano Dentista	Si, aunque pudiese respaldarse por un	Sí	No	Si, aunque pudiese respaldarse por un

		Sistema Inteligente			Sistema Inteligente
Manejo de ficha de evaluación en base a diagnósticos asignados	Cirujano Dentista	Si, aunque pudiese respaldarse por un Sistema Inteligente	Sí	No	Si, aunque pudiese respaldarse por un Sistema Inteligente

e) **Hoja de trabajo OM-5: Documento de análisis de viabilidad.**

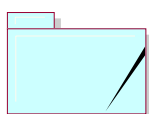
Modelo de Organización	Lista de verificación para el documento de decisión de viabilidad (OM-5)
Viabilidad de Negocio	<p>✓ Beneficios esperados Los profesionales que laboran no se verán afectados, estas serán beneficiados por la ayuda que el sistema proporcionará en el apoyo del diagnóstico.</p> <p>Obtener un control de todos los registros detallados de cada diagnostico por paciente.</p> <p>Generar resultados visibles de manera eficaz y eficiente en el diagnóstico de tal forma que permita observar de manera clara y rápida al paciente y al cirujano dentista el estado bucal en la que se encuentra dependiendo a las enfermedades bucodentales que puede padecer.</p>
	<p>✓ Costes esperados Los costos de implementación están en relación con el diseño, desarrollo, implementación y mantenimiento del software, así como la capacitación referente a su uso.</p>
	<p>✓ Cambios requeridos en la organización La necesidad que el personal esté familiarizado con la adquisición de la inteligencia artificial indicando las mejoras que se obtendrían y los beneficios llegando a incentivar el uso del software.</p>
	<p>✓ Riesgos económicos y empresariales Se requiere la adquisición de una minicámara endoscopia que permita capturar el estado bucal del paciente; De la misma manera la capacitación del personal quien es el que usará el software.</p>
Viabilidad Técnica	<p>• Criterios de desarrollo Se hará uso de las librerías Tensorflow y Keras para el desarrollo del modelo de red neuronal.</p> <p>Un set de datos de todas las imágenes obtenidas para clasificarlas por enfermedad bucodental como parte fundamental de su entrenamiento del modelo.</p> <p>Dicho modelo tiene que ser apoyado en un entorno de ejecución, en este caso web, para ello se usó el framework de Python Django.</p> <p>• Complejidad del conocimiento</p>

	<p>conocimiento. El sistema inteligente nos mostrará un resultado en base a los datos que ingresemos (Imágenes), hará el reconocimiento en base a nuestro modelo de red neuronal entrenado arrojando un resultado que es la predicción como salida que se espera obtener y con ello generar el diagnostico total del paciente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspectos críticos implicados Para el desarrollo de este proyecto se tiene un tiempo estimado de 8 meses lo cual necesitaremos los siguientes recursos: <ul style="list-style-type: none"> - Recursos humanos (Cirujano Dentista y Pacientes). - Hardware (01 laptop core i7 o celular smartphone android y minicamera endoscopic).
<p>Viabilidad del proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Disponibilidad de recursos El sistema inteligente estará disponible con el objetivo de lograr la solución requerida como parte de la investigación. Desarrollar un sistema inteligente para el apoyo en el diagnostico de enfermedades bucodentales. Esto implicaría reducir el tiempo para determinar dicha enfermedad encontrada y en la generación del diagnóstico llevando un control adecuado. ○ Disponibilidad de conocimiento A medida que el sistema inteligente va aprendiendo en base a las imágenes que se capture, esta dará una respuesta cada vez más acertada de manera eficaz y eficiente, de tal forma que se logre tener como resultado la predicción de la enfermedad bucodental como parte para el diagnóstico. ○ Expectativas reales El cirujano dentista tome una decisión en base a los resultados obtenidos y genere el diagnostico.
<p>Acciones propuestas</p>	<p>Se propone el desarrollo de un sistema inteligente que apoye en la identificación de enfermedades bucodentales. Mejorando así en el proceso del diagnóstico y concientizar a los pacientes mediante los resultados visibles de su estado bucal.</p>

4.1.1.1.1. Análisis Preliminar de Requerimientos – Modelado de Negocio RUP

Dentro del nivel de contexto también se realiza un análisis preliminar de requerimientos, perteneciente al modelo de negocio de la metodología RUP.

a. Diagrama de contexto de negocio



Área Odontología

Fig. 10. Diagrama de contexto de negocio
Fuente: Elaboración propia

b. Diagrama de casos de uso de negocio

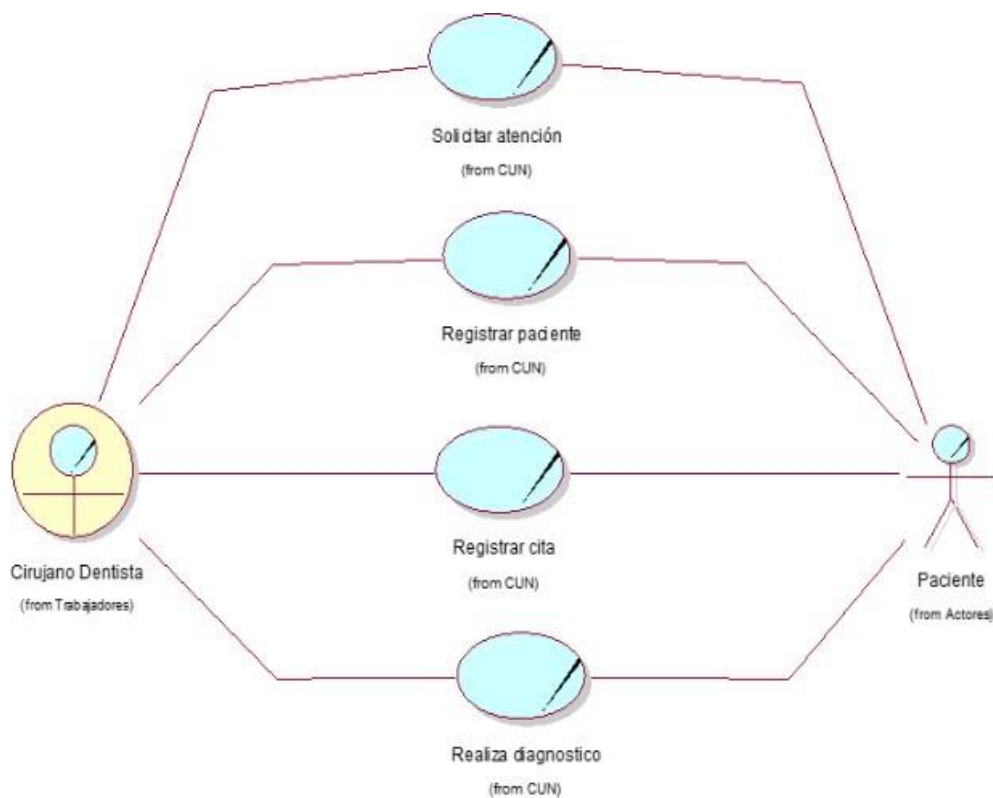


Fig. 11. Diagrama de casos de uso del negocio
Fuente: Elaboración propia

Por cada proceso de negocio (caso de uso de negocio)

c. Diagrama de actividad: Solicita atención

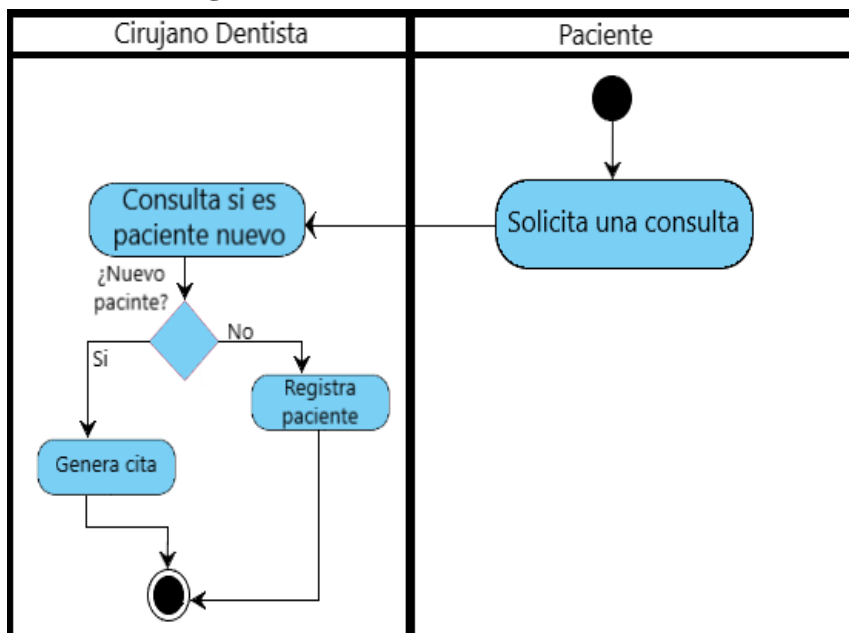


Fig. 12. Diagrama de actividad del proceso solicitar atención
Fuente: Elaboración propia

d. Diagrama de objetos: Solicitar atención

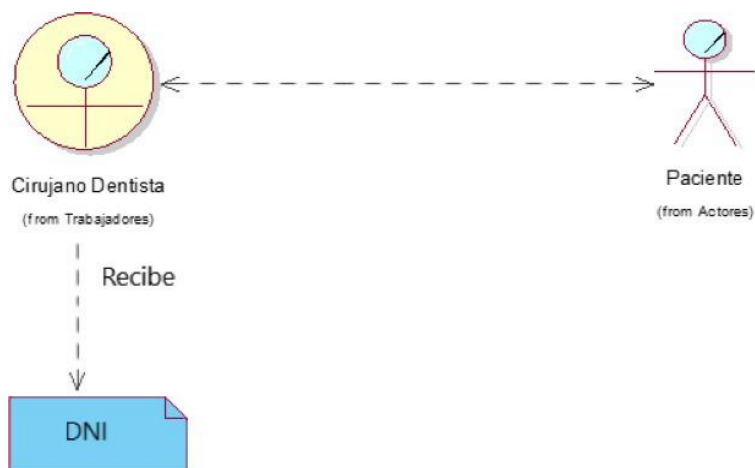


Fig. 13. Diagrama de objetos del proceso solicitar atención
Fuente: Elaboración propia

e. Diagrama de actividad: Registrar nuevo paciente

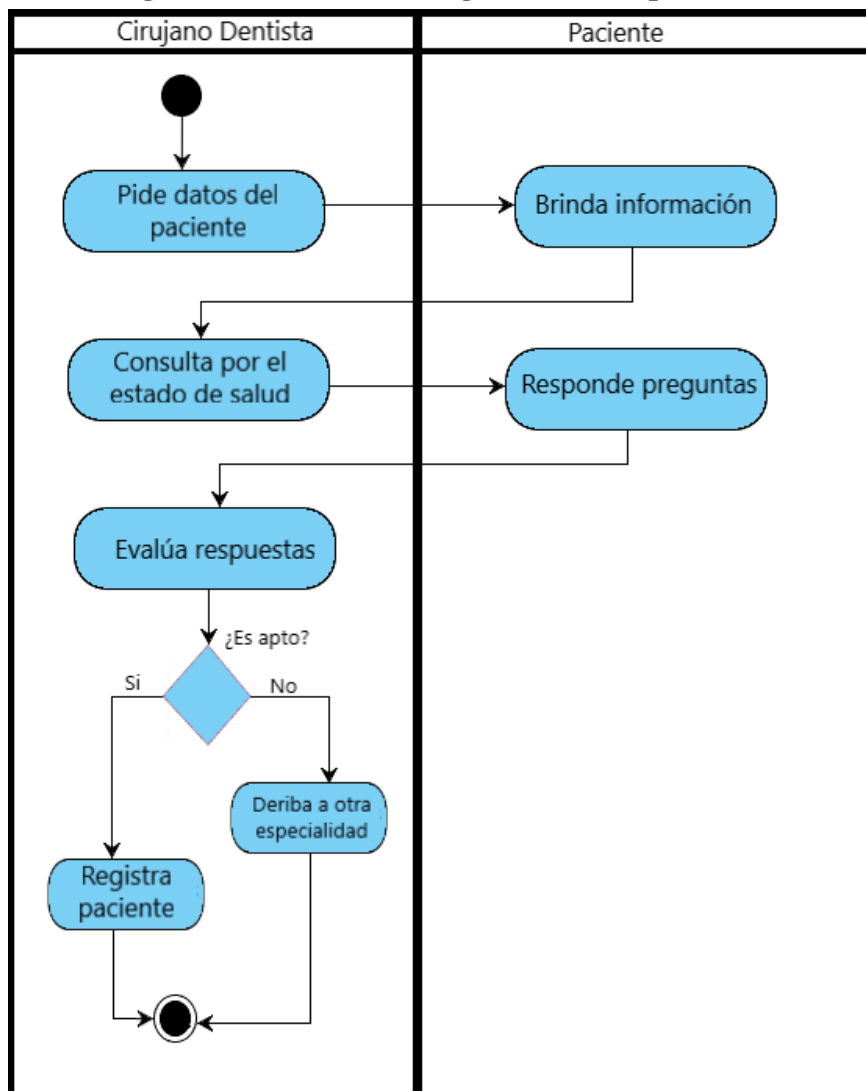


Fig. 14. Diagrama de actividad registrar nuevo paciente
Fuente: Elaboración propia

f. Diagrama de objetos: Registrar nuevo paciente

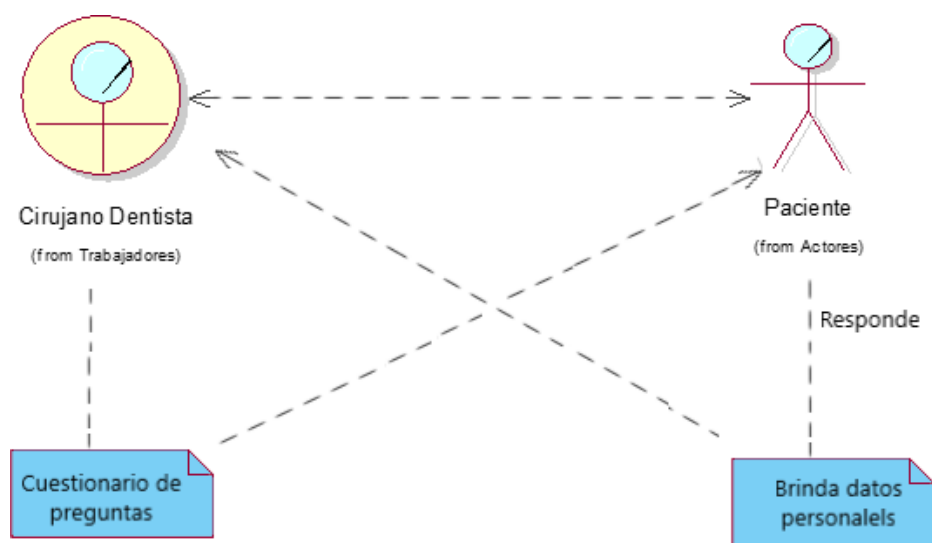


Fig. 15. Diagrama de objetos del proceso registrar nuevo paciente
Fuente: Elaboración propia

g. Diagrama de actividad: Asignar cita

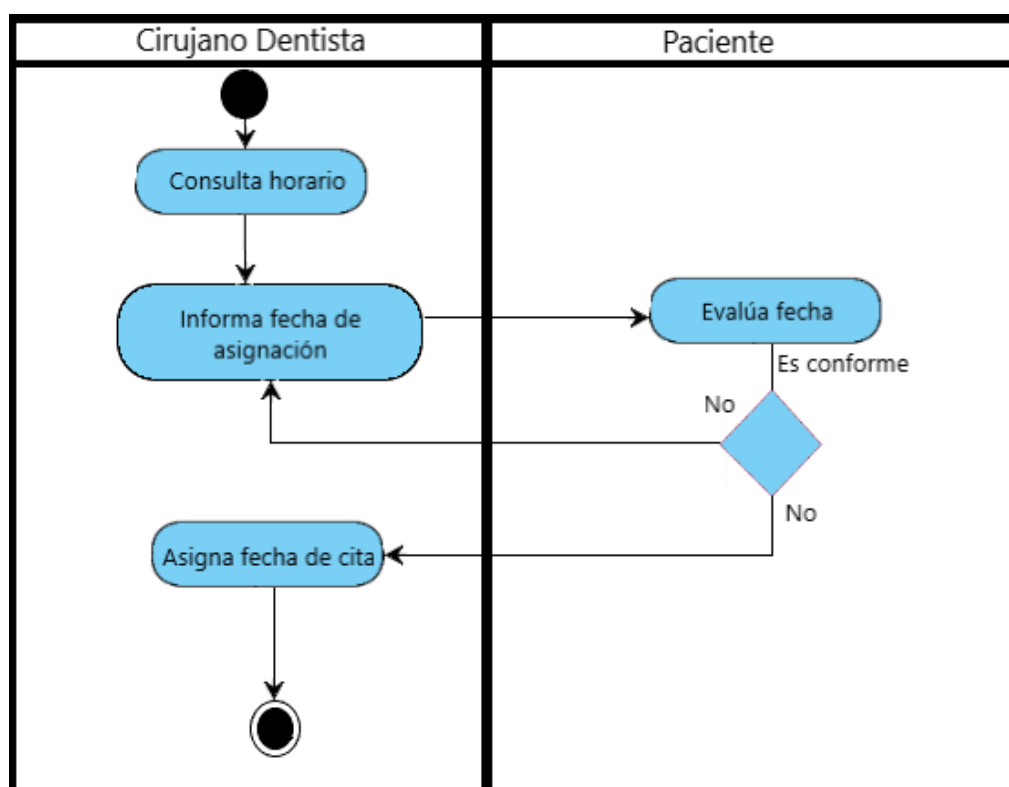


Fig. 16. Diagrama de actividad Asignar cita
Fuente: Elaboración propia

h. Diagrama de objetos: Asignar cita

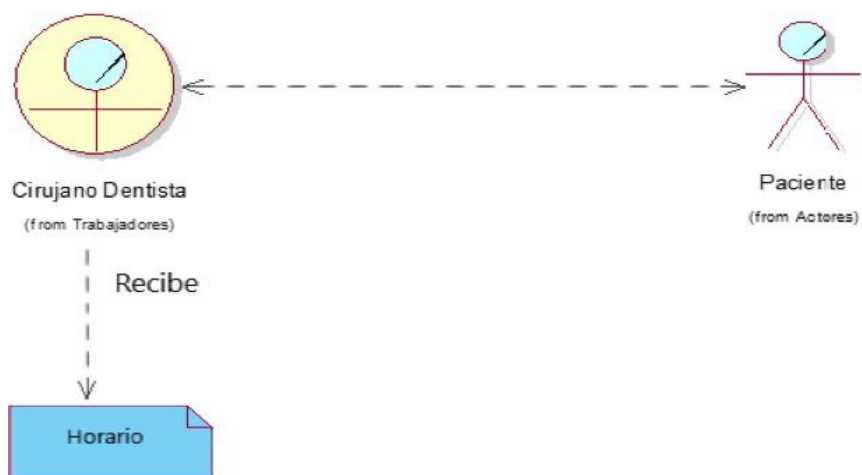


Fig. 17. Diagrama de objetos de Asignar cita
Fuente: Elaboración propia

i. Diagrama de actividad: Registra Diagnostico

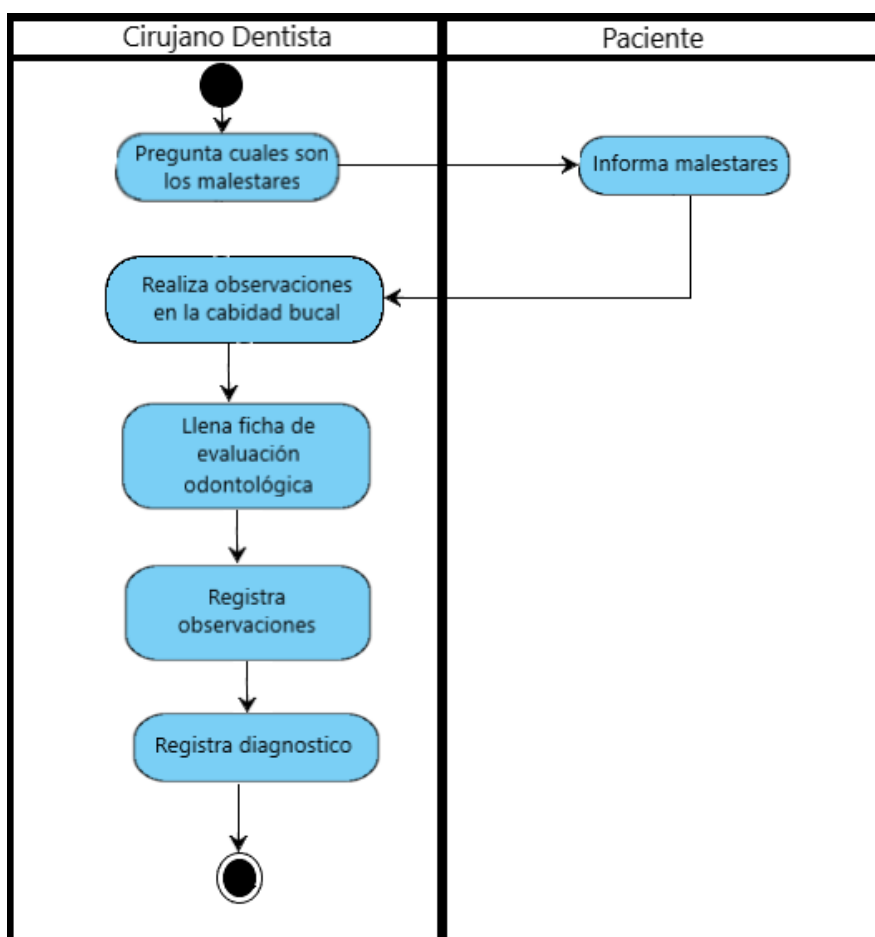


Fig. 18. Diagrama de actividad Registrar Diagnostico
Fuente: Elaboración propia

j. Diagrama de objetos: Registrar Diagnostico.

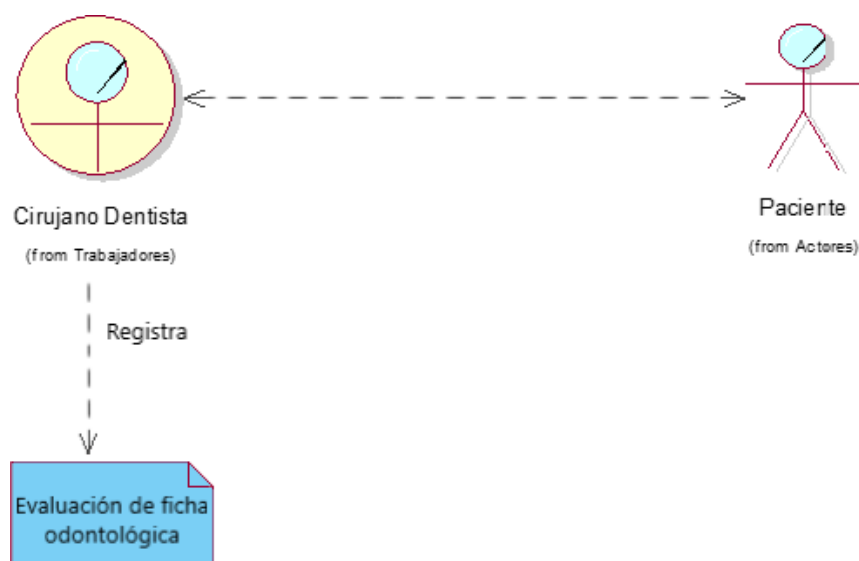


Fig. 19. Diagrama de objetos Registrar Diagnostico
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2. Modelo de Tareas

En este modelo se describe las tareas que realizan los agentes de la organización.

TABLA V
GESTIONAR PACIENTE

Modelo de Tarea	Documento de análisis de tareas TMI
TAREA	Obtener la información de paciente
ORGANIZACIÓN	Especialidad de Odontología
META Y VALOR	Recopilar información del paciente, primero respecto a su estado de salud a través de una serie de preguntas con el fin de tener conocimiento para realizar el diagnóstico y luego sus datos respectivos para registrarlo en el sistema.
DEPENDENCIA Y FLUJO	Permite el desarrollo de las siguientes tareas, es decir, la validez de las tareas posteriores dependerá de la eficiencia de la información adquirida en esta etapa.
OBJETOS MANEJADOS	<p>Objetivo de entrada: El Cirujano Dentista podrá ingresar los datos del paciente, como su nombre, historia clínica, ocupación.</p> <p>Objetivo intermedio: El paciente debe responder un cuestionario acerca del estado de su salud.</p> <p>Objetivo de salida: Dependiendo del resultado, es decir, si padece de alguna otra enfermedad de salud, el cirujano dentista evalúa si está apto para realizar diagnóstico, en todo caso, lo deriva a otra especialidad.</p>
TIEMPO CONTROL Y	<p>Frecuencia: Uno por cada paciente.</p> <p>Precondición: Responder las preguntas dadas por el Cirujano Dentista.</p> <p>Postcondición: La petición ha sido registrada y almacenada.</p>
AGENTES	Realizado por el Cirujano Dentista
CONOCIMIENTO Y COMPETENCIAS	Se debe tener conocimiento del paciente a tratar en base a lo que detalle de su persona.
CALIDAD Y EFICIENCIA Y	Cumplimiento del registro realizado de forma privada y segura.

TABLA VI
RESCATAR ENFERMEDAD BUCODENTAL

Modelo de Tarea	Documento de análisis de tareas TM1
TAREA	Rescatar características visibles en la cavidad bucal para determinar la enfermedad bucodental mediante reconocimiento de imágenes.
ORGANIZACIÓN	Especialidad de Odontología
META Y VALOR	El objetivo de esta tarea es evaluar las existencias de enfermedades bucodentales encontradas en el estado bucal del paciente
DEPENDENCIA Y FLUJO	Permite el desarrollo de las siguientes tareas, es decir, la validez de las tareas posteriores dependerá de la eficiencia de la información adquirida en esta etapa.
OBJETOS MANEJADOS	Objetivo de entrada: Hasta 32 dientes a evaluar Objetivo intermedio: Cargar imagen de a evaluar. Objetivo de salida: Visualizar resultado de todas las imágenes con su respectiva predicción.
TIEMPO Y CONTROL	Frecuencia: De acuerdo con el número de dientes evaluados. Duración: Por cantidad de dientes: 60 segundos. Precondición: Cargar imágenes a predecir. Postcondición: Generar un diagnóstico con las predicciones correspondientes realizadas. Control: Se realiza bajo la supervisión del Cirujano Dentista
AGENTES	Realizado por Cirujano Dentista al Paciente
CONOCIMIENTO Y COMPETENCIAS	Conocimiento: Manejo integrado de enfermedades Habilidad: Habilidad para determinar el tipo de enfermedad bucodental que está padeciendo el paciente y generar su diagnóstico.
CALIDAD Y EFICIENCIA	El resultado del reconocimiento sea de manera eficiente y exacto

TABLA VII
PRIORIZAR COMPLEJIDAD DE IMPACTO

Modelo de Tarea	Documento de análisis de tareas TM1
TAREA	Priorizar la complejidad del impacto de la enfermedad detectada
ORGANIZACIÓN	Especialidad de Odontología
META Y VALOR	El objetivo de esta tarea es Evaluar la existencia de enfermedades descartadas en la tarea anterior para generar su posterior tratamiento. El valor de esta tarea es brindar resultados correctos sobre las existencias de enfermedades bucodentales que ha precedido para poder pasar a la siguiente tarea.
DEPENDENCIA Y FLUJO	Permite el desarrollo de las siguientes tareas, es decir, la validez de las tareas posteriores dependerá de la eficiencia de la información adquirida en esta etapa.
OBJETOS MANEJADOS	Objetivo de Entrada: Visualizar resultado de enfermedades detectada que se generó en las tareas anteriormente ejecutadas. Objetivo de intermedio: Alerta de las enfermedades que están en un grado de lesión mayor, prosperas a afectar otros dientes. Objeto de Salida: De La priorización de control de enfermedades encontradas
TIEMPO Y CONTROL	Frecuencia: 4 clases (tipo de enfermedad) Duración: Larga. Precondición: Registrado las enfermedades encontradas. Postcondición: La priorización de control para las enfermedades halladas.

AGENTES	Realizado por Cirujano Dentista al Paciente
CONOCIMIENTO Y COMPETENCIAS	Conocimiento: Manejo integrado de enfermedades.
CALIDAD Y EFICIENCIA	Y Que la priorización de las enfermedades provoque obtener un resultado eficiente al momento de dar la iniciativa a la generación del diagnóstico

TABLA VIII
GESTIONAR DIAGNOSTICO

Modelo de Tarea	Documento de análisis de tareas TM1
TAREA	Asignar diagnóstico según lo priorizado
ORGANIZACIÓN	Especialidad de Odontología
META Y VALOR	El objetivo de esta tarea es asignar el respectivo diagnóstico a la paciente una vez detectada la enfermedad. El valor de esta tarea es brindar el tratamiento adecuado para que no afecte la salud bucodental del paciente.
DEPENDENCIA Y FLUJO	Permite que la eficiencia de las tareas anteriores dependió de cuál eficiente sea la información adquirida en esta etapa
TIEMPO Y CONTROL	Y Frecuencia: Dependiendo a las observaciones. Duración: Media. Precondición: Predicción de imagen realizadas. Postcondición: Generar tratamiento previo en base al diagnóstico.
AGENTES	Realizado por Cirujano Dentista al Paciente
CONOCIMIENTO Y COMPETENCIAS	Conocimiento: Manejo integrado de enfermedades. Habilidad en la asignación del tratamiento adecuado.
CALIDAD Y EFICIENCIA	Y El Cirujano Dentista una vez teniendo un resultado de la predicción, debe aplicar generar el diagnóstico respectivo y con ello su tratamiento

4.1.1.3. Modelo de Agentes

A continuación, en este modelo se describen los agentes encargados de realizar las actividades mencionadas en el modelo de tareas en el software

TABLA IX
DESCRIPCIÓN DEL AGENTE

Modelo de Tarea	Agente – Hoja de trabajo AM-1
Nombre	Cirujano Dentista
Organización	Clínica Metropolitana área de Odontología - Consultorio
Involucrados	Tareas 1,2,3,4
Comunicación	Paciente
Conocimiento	Enfermedades bucodentales Diagnóstico Diagnóstico Tratamiento.
Responsabilidad y restricciones	Y Inspeccionar el estado bucal del paciente Evaluar la existencia de enfermedades bucodentales. Otorgar el tratamiento

4.1.1.4. Modelo de análisis

Con la ayuda del diagrama de análisis perteneciente a RUP, se determinó como se llevarán los procesos en el sistema desarrollado.

a. Diagrama de contexto de análisis



Fig. 20. Diagrama de contexto de análisis

b. Sistema usuarios



Fig. 21. Diagrama de contexto de análisis

a. Diagrama de análisis: Registrar Usuario

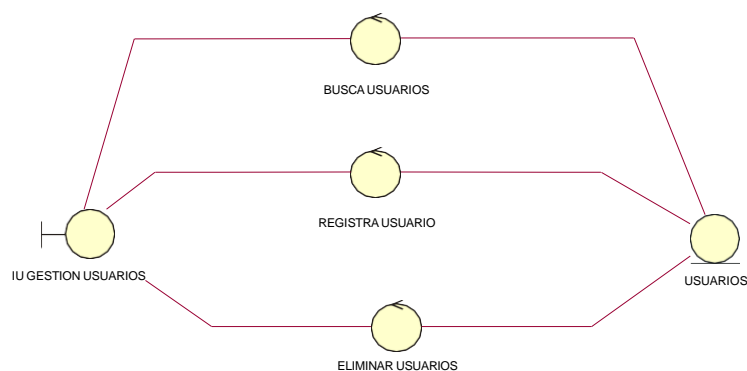


Fig. 22. Diagrama de análisis del proceso Registrar Usuario

b. Diagrama de clases parciales: Gestionar Usuarios



Fig. 23. Diagrama de clases parciales del proceso Gestionar Usuarios

c. Diagrama de colaboración.

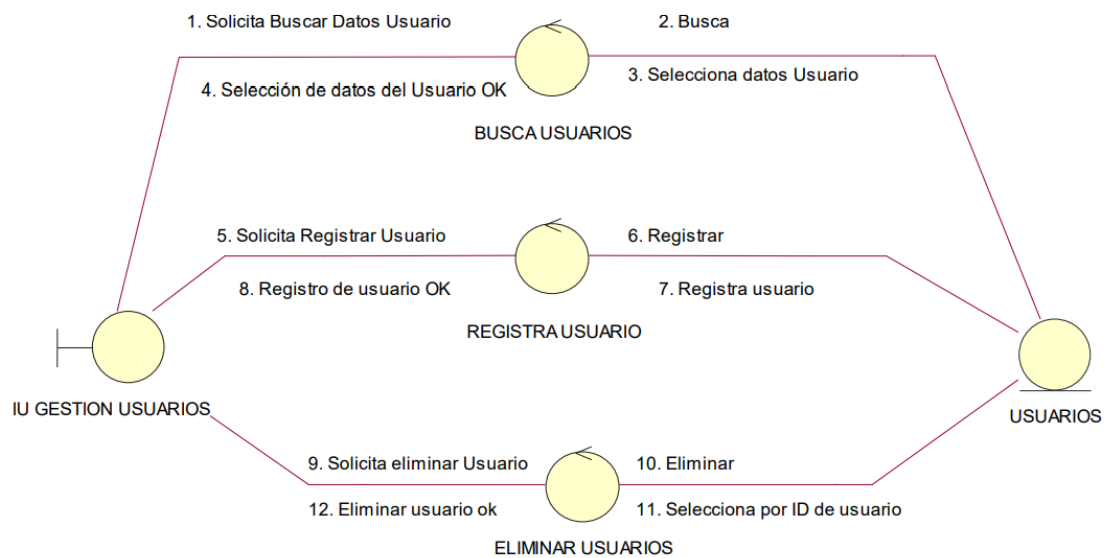


Fig. 24. Diagrama de contexto de análisis

c. Sistema Inteligente.

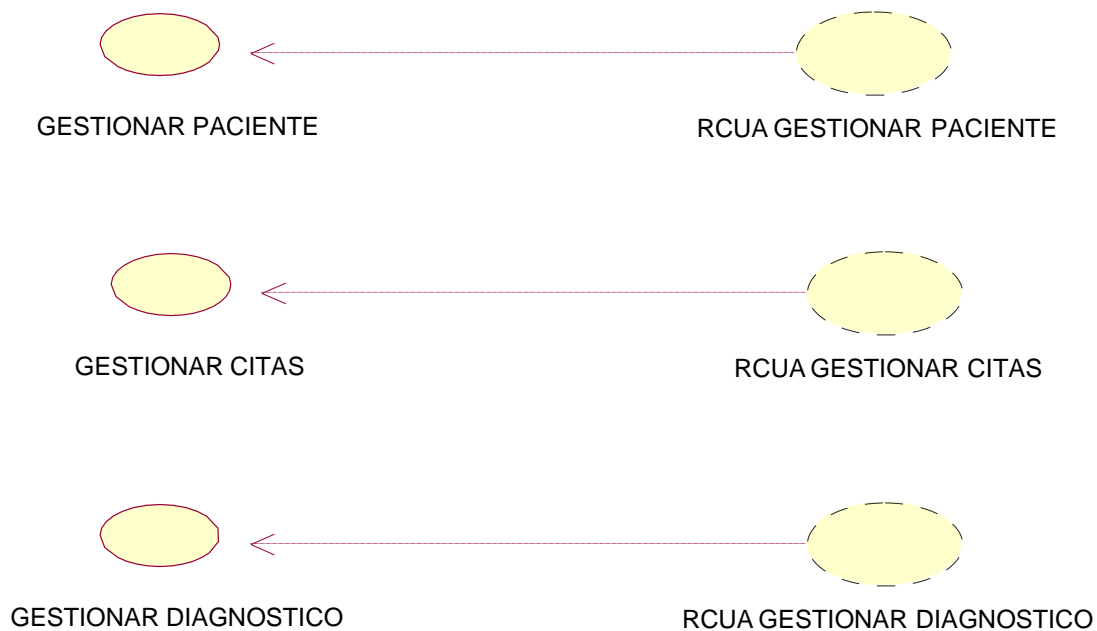


Fig. 25. Diagrama de contexto de análisis

a. Diagrama de análisis: Gestionar pacientes

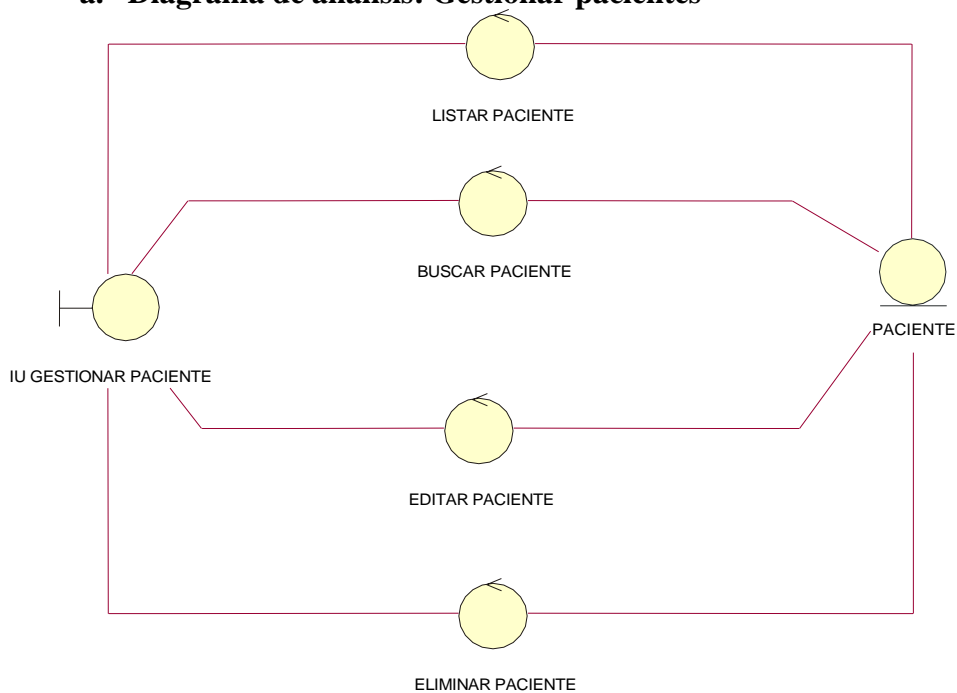


Fig. 26. Diagrama de análisis del proceso Gestionar Paciente

b. Diagrama de clases parciales: Gestionar Paciente



Fig. 27. Diagrama de clases parciales del proceso Gestionar Paciente

c. Diagrama de colaboración: Gestionar Paciente.

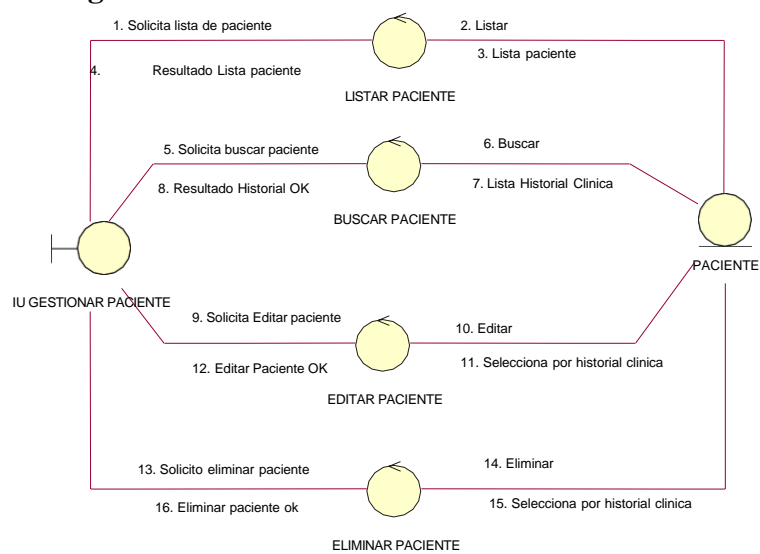


Fig. 28. Diagrama de colaboración del proceso Gestionar Paciente

d. Diagrama de análisis: Gestionar citas

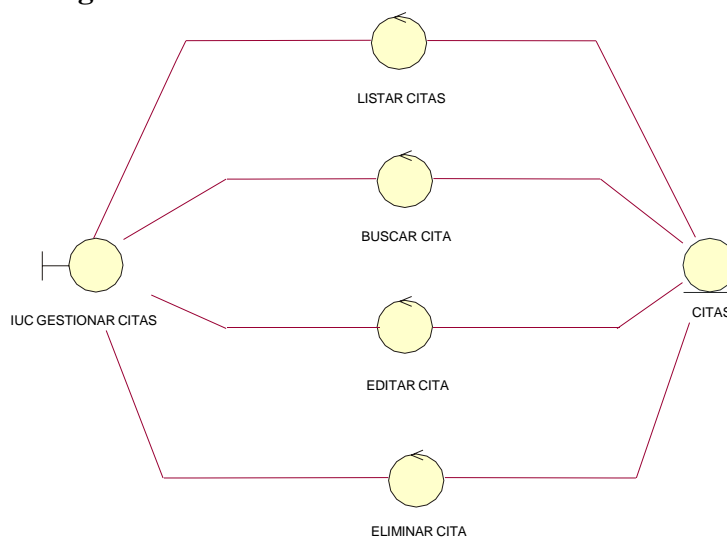


Fig. 29. Diagrama de análisis del proceso Gestionar Citas

e. Diagrama de clases parciales: Registrar citas

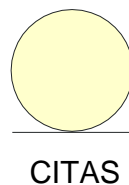


Fig. 30. Diagrama de clases parciales del proceso Gestionar citas

f. Diagrama de colaboración: Registrar Citas.

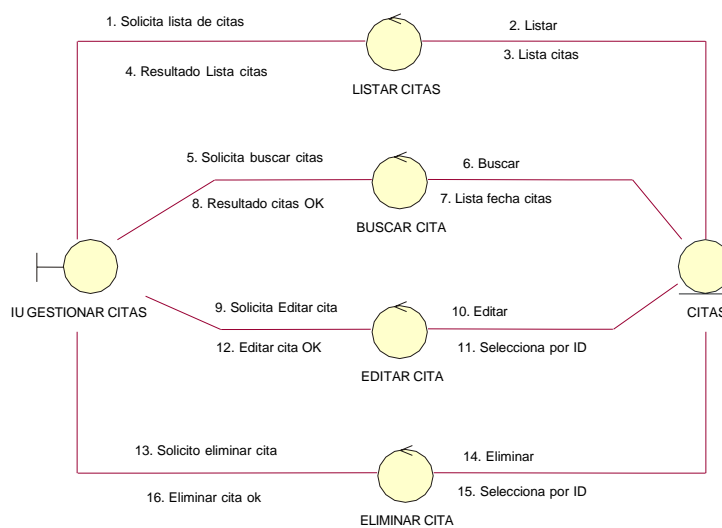


Fig. 31. Diagrama de colaboración del proceso gestionar citas

g. Diagrama de análisis: Gestionar Diagnostico.

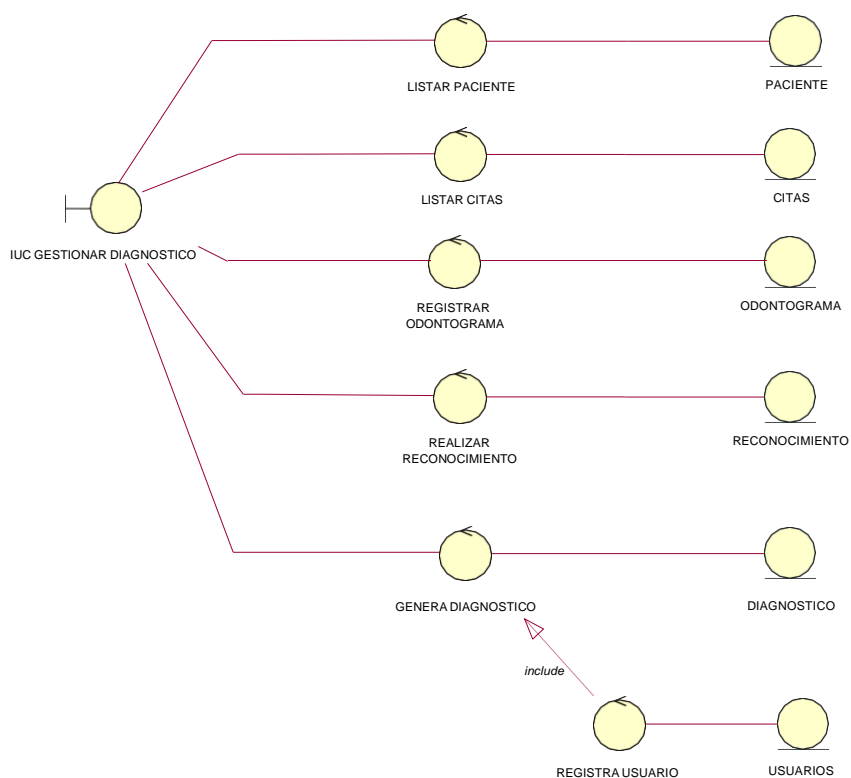


Fig. 32. Diagrama de análisis del proceso Gestionar Diagnostico

h. Diagrama de clases parciales: Gestionar Diagnostico

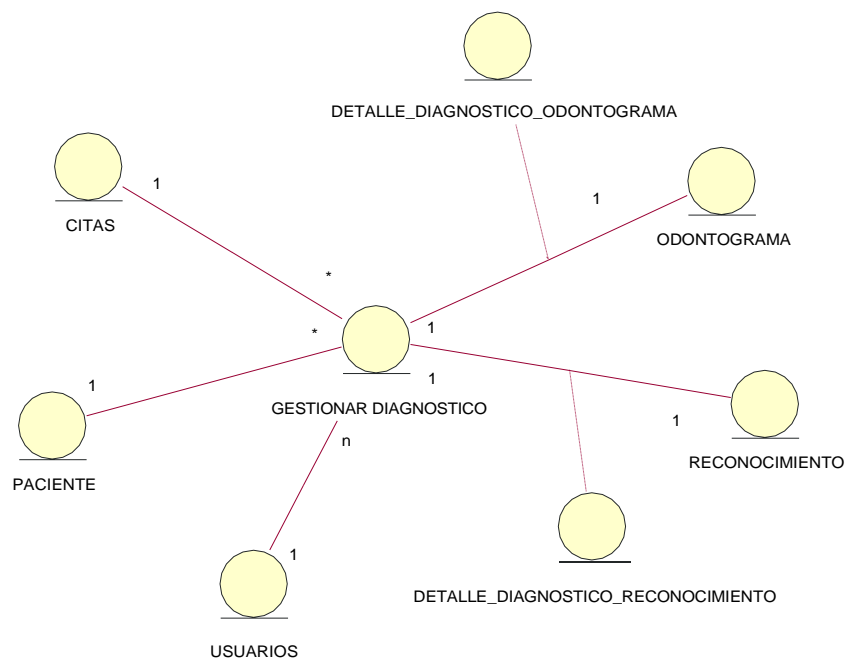


Fig. 33. Diagrama de clases parciales del proceso gestionar diagnostico

i. Diagrama de colaboración: Gestionar Diagnostico.

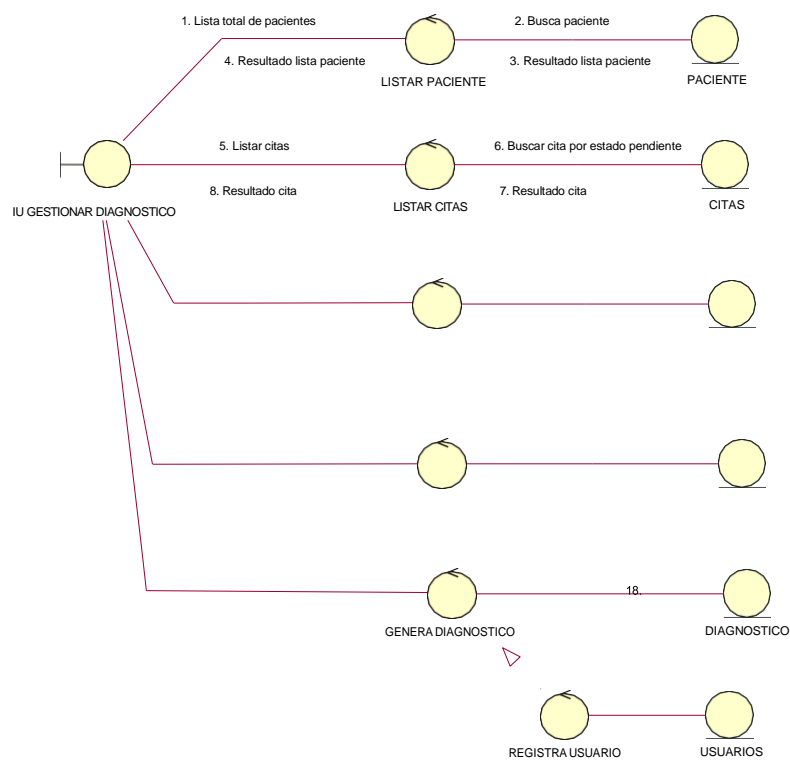


Fig. 34. Diagrama de colaboración del proceso Gestionar Diagnostico

d. Diagrama de clases general

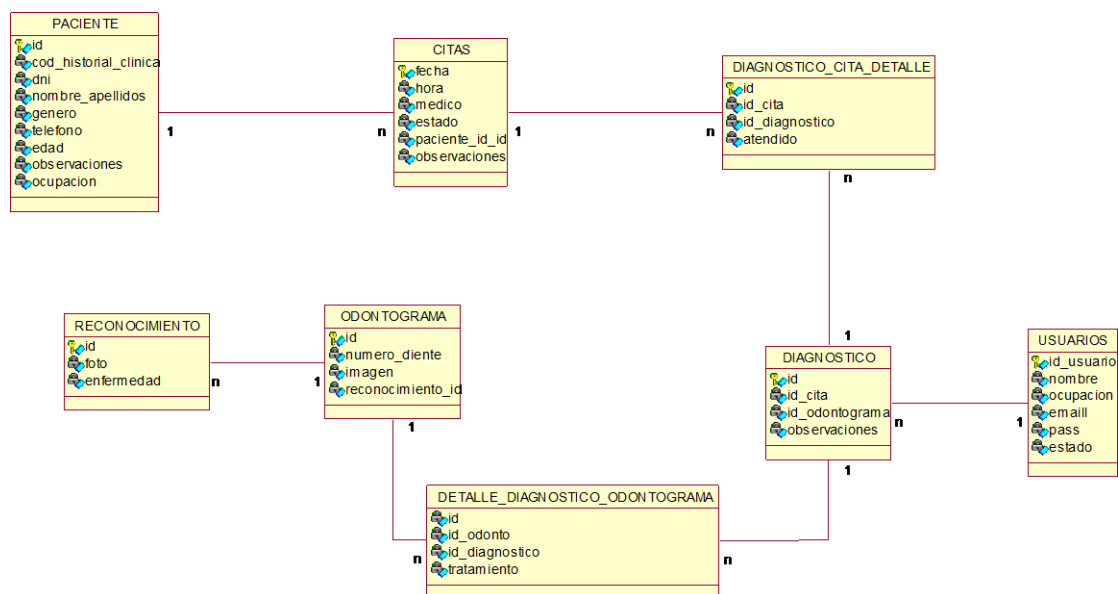


Fig. 35. Diagrama de clases general

4.1.1. Nivel de concepto.

En este nivel se describe en qué consiste el sistema de conocimiento a construir.

4.1.1.1. Modelo de conocimiento

Parte de la estructura del conocimiento que se usa para generar una tarea, partimos del hecho de realizar una base de conocimiento con ayuda de imágenes, las cuales fueron integradas conjuntamente a un data set, clasificados según las características a determinar, validándolos para entrenamiento y validación, con un total de 2.230 imágenes clasificados según enfermedad bucodental y con eso crear un modelo de reconocimiento de imágenes de enfermedades bucodentales basado en redes neuronales

4.1.1.2. Modelo de comunicación

Una vez determinado los agentes, en este modelo se representan los resultados de la interacción que tendrán los agentes con el software realizado.

TABLA X
DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE COMUNICACIÓN

Modelo de comunicación	Descripción
Nombre	Cirujano Dentista
Descripción	Se determina que el cirujano dentista interactuará con todos los procesos del sistema, desde registro de pacientes, registro de citas, identificación y diagnóstico de enfermedades bucodentales hasta consultas de información adicionales de cada paciente.
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en el entorno web del sistema con éxito

4.1.2. Nivel de construcción.

4.1.2.1. Nivel de diseño

Para el proceso general de la parte inteligente, el desarrollo de en cuanto al conocimiento, según [27], se implementa como una estructura basada en datos más que en diseño, pero el proceso de implementación del conocimiento creado permite desarrollar modelos que realizan el proceso mencionado detrás del entorno de la aplicación web.

Se optó por la herramienta anaconda, con su aplicación Spyder,

escribiendo el modelo de RN a nivel de código, con un conjunto de datos (imágenes) que están divididas en entrenamiento y validación. Se utilizan épocas que son decisivas para el tiempo requerido para procesar la red neuronal. Finalmente, al terminar el entrenamiento, el modelo se guardará en un archivo h5, en ella contiene los pesos del modelo que se usarán para futuras predicciones en un entorno web.

4.1.3.2. Modelo de diseño

Al tratarse de desarrollo web, se hizo de la fase de diseño de la metodología RUP.

4.1.3.2.1. Diagrama de contexto de diseño



Fig. 36. Diagrama de contexto de diseño

4.1.3.2.2. Diagrama de realización de caso de uso de diseño

Subsistema Usuarios



Fig. 37. Diagrama de realizaciones de caso de uso de diseño Subsistema Usuarios

a) Diagrama de clases de diseño registrar usuarios

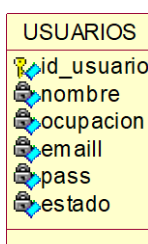


Fig. 38. Diagrama de clases de diseño Registrar Paciente

b) Diagrama de secuencia: registrar Usuarios

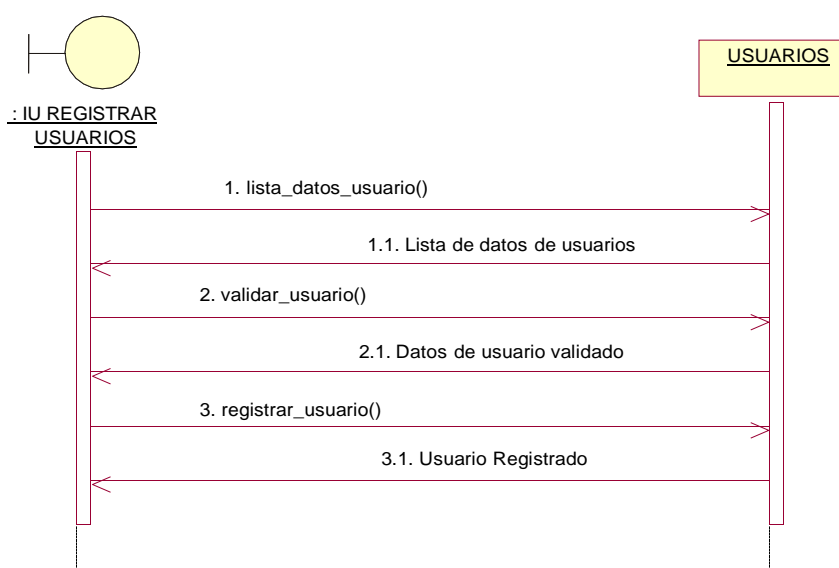


Fig. 39. Diagrama de secuencias de *Registrar Usuarios*

4.1.3.2.3. Diagrama de realización de caso de uso de diseño Subsistema Inteligente

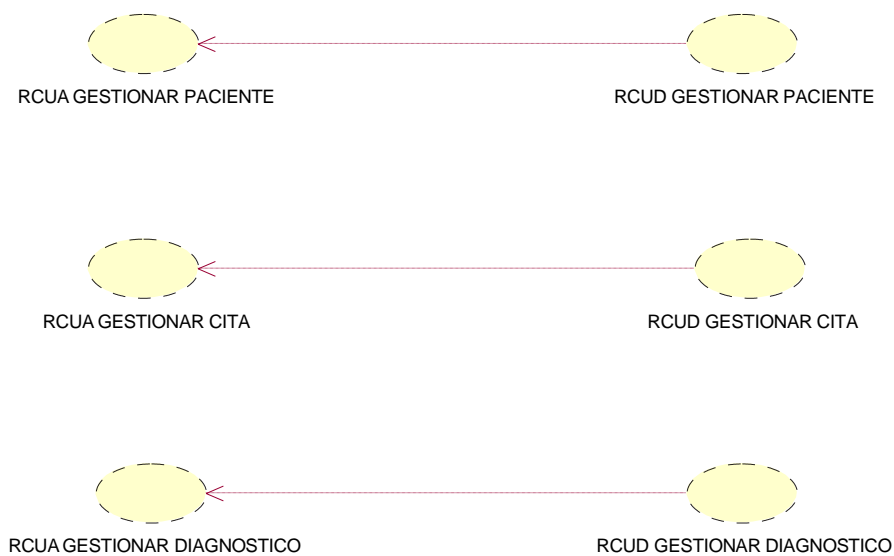


Fig. 40. Diagrama de realizaciones de caso de uso de diseño
Fuente: Elaboración propia

a. Diagrama de clases de diseño Gestionar Paciente

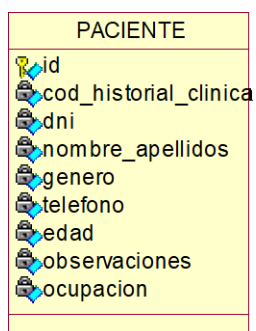


Fig. 41. Diagrama de clases de diseño Gestionar paciente
Fuente: Elaboración propia

b. Diagrama de secuencia: Gestionar paciente

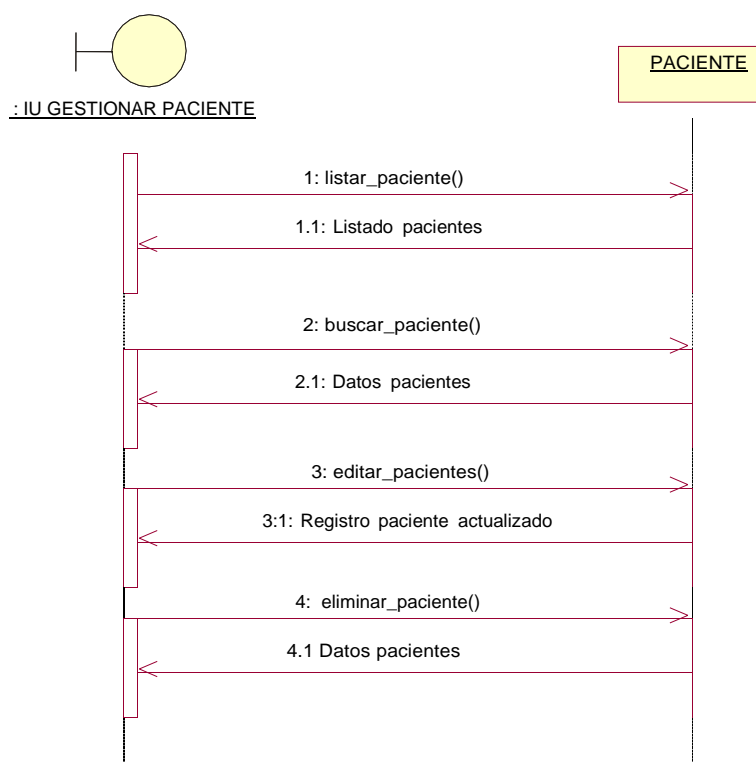


Fig. 42. Diagrama de secuencia del proceso gestionar paciente
Fuente: Elaboración propia

c. Diagrama de clases de diseño Gestionar Cita

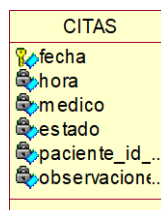


Fig. 43. Diagrama de clases de diseño Gestionar cita
Fuente: Elaboración propia.

d. Diagrama de secuencia: Gestionar Cita

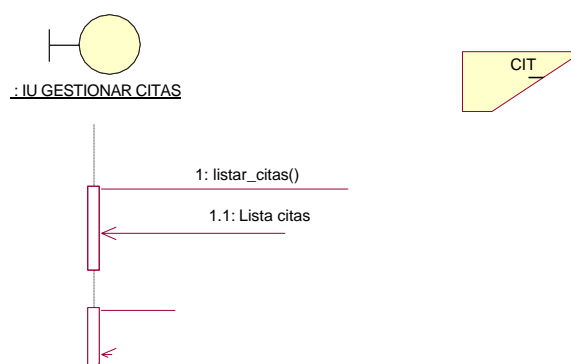


Fig. 44. Diagrama de secuencia del proceso gestionar paciente
Fuente: Elaboración propia

e. Diagrama de clases de diseño Gestionar Diagnostico

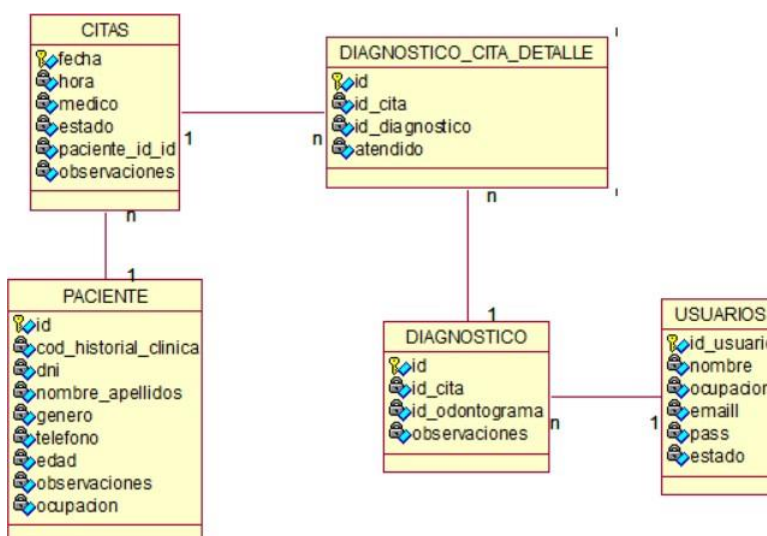


Fig. 45. Diagrama de clases de diseño Gestionar diagnostico
Fuente: Elaboración propia.

f. Diagrama de secuencia: Gestionar Diagnostico.

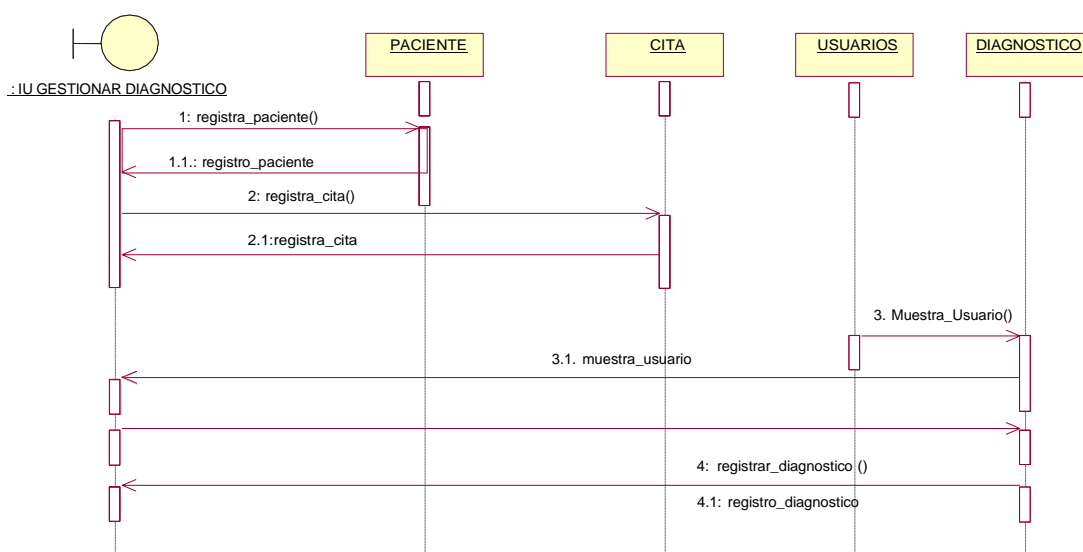


Fig. 46. Diagrama de secuencia del proceso gestionar diagnostico

4.1.3.2.4. Diagrama de base de datos

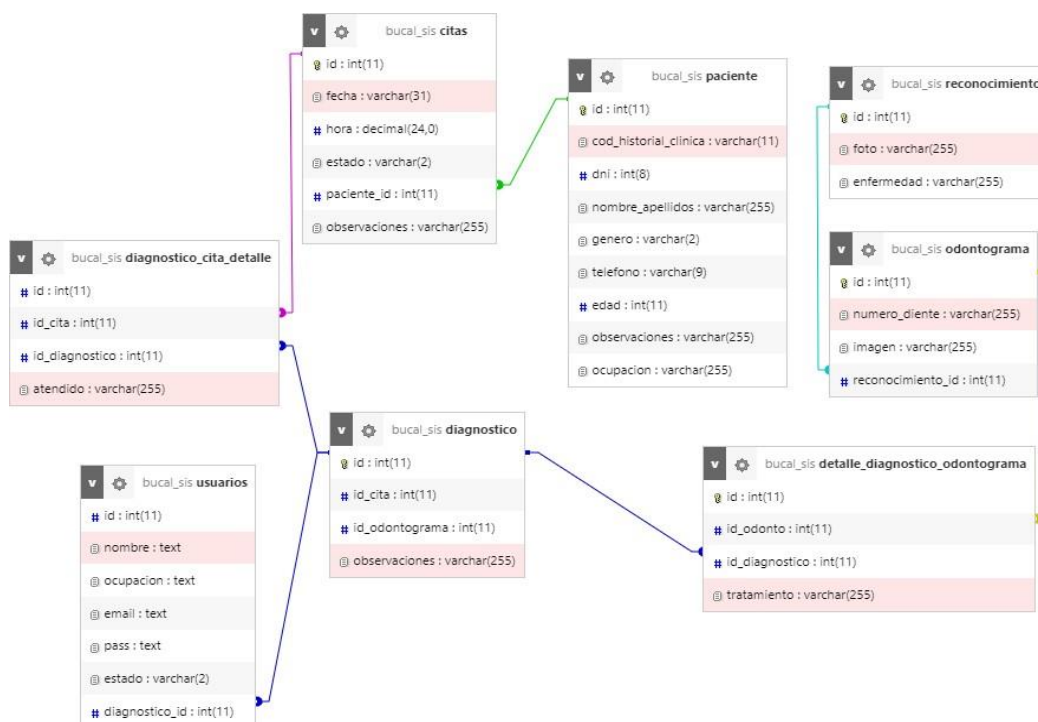


Fig. 47. Diagrama de la base de datos del sistema
Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2.5. Arquitectura

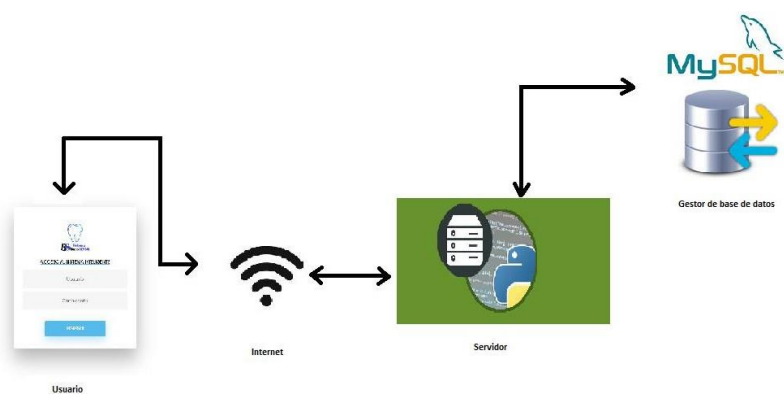


Fig. 48. Arquitectura del Sistema

4.1.3.2.6. Interfases

✓ Acceso al sistema

La interfaz de acceso al sistema inteligente muestra el logo 'BS Sistema BucodENTAL' con un icono de diente. Debajo del logo, el título 'ACCESO AL SISTEMA INTELIGENTE' está subrayado. Hay dos campos de entrada de texto: 'Usuario' y 'Contraseña'. En la parte inferior, hay un botón azul con el texto 'INGRESAR'.

Fig. 49. Acceso al Sistema

✓ Registro de Pacientes

Registro total de pacientes Inicio / Pacientes

[Registrar un nuevo paciente](#)

Show entries Search:




























N°	H. Clínica	Dni	Nombre	Estado	Acciones
1	HSTR-21488	70589857	Cristhian Alcantara Llontop	Activo	  
2	HSTR-69722	72568974	Patricia Monteza Barrantes	Activo	  
3	HSTR-05333	76985648	María Fernanda Estrado Gonzales	Activo	  
4	HSTR-62845	85878588	Manuel Ernestor Hernandez Perez	Activo	  
5	HSTR-19598	70562133	Ingrid Arlet Hernandez Olazabal	Activo	  
6	HSTR-60160	78589555	Diego Armando Vega Soto	Activo	  
7	HSTR-47805	16781611	Socorro Angelica Olazabal Alvis	Activo	  
8	HSTR-10489	78956855	Jessica Navarro Gonzales	Activo	  
9	HSTR-40698	71563256	Miguel Echeverre Hernandez	Activo	  

Fig. 50. Interfaz de mantenimiento de pacientes

✓ Registro de nuevo paciente

Nuevo registro de paciente Paciente / Nuevo registro de paciente

Historia Clínica: **Dni:**

Primer Nombre: **Segundo Nombre:** **Apellido Paterno:** **Apellidos Materno:**

Fecha de Nacimiento:

Ocupación:

Gestante
 Diabetes
 Hipertensión
 P. Coagulación
 Alergico
 Otros

Descripción:

[REGISTRAR](#)

Fig. 51. Interfaz del Registro de pacientes

✓ Registro de Citas

Citas Home / Citas

[+ Nuevo](#)

Show entries Search:

#	Fecha	Hora	Paciente	Médico	Estado	Acciones
1	25/05/2022	11:30 AM	Miguel Echeverre Hernandez	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	
2	25/05/2022	11:40 AM	Jessica Navarro Gonzales	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	
3	26/05/2022	3:00 PM	Socorro Angelica Olazabal Alvis	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	
4	26/05/2022	3:20 PM	Diego Armando Vega Soto	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	
5	27/05/2022	4:20 PM	Ingrid Arlet Hernandez Olazabal	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	
6	27/05/2022	4:35 PM	Cristhian Alcantara Llontop	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	
7	27/05/2022	4:50 PM	Manuel Ernestor Hernandez Perez	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	
8	27/05/2022	5:30 PM	María Fernanda Estrado Gonzales	Mitzy Danaya Rojas Olano	Atendido	

Fig. 52. Interfaz de mantenimiento de Citas

✓ Registro Nueva Cita

Nueva Cita ✕

Médico: Mitzy Danaya Rojas Olano

Fecha

Hora
 ⌚

Paciente

Observación

Cristhian Alcantara Llontop

Fig. 53. Interfaz de registro de Citas

✓ Registro de captura de imagen

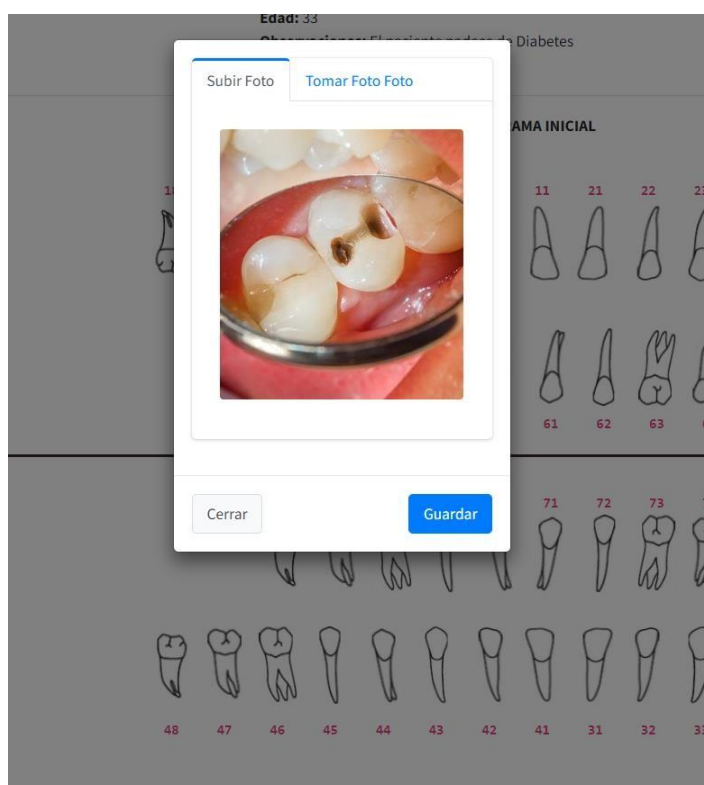


Fig. 54. Interfaz de captura de imagen

✓ Registro realizar reconocimiento

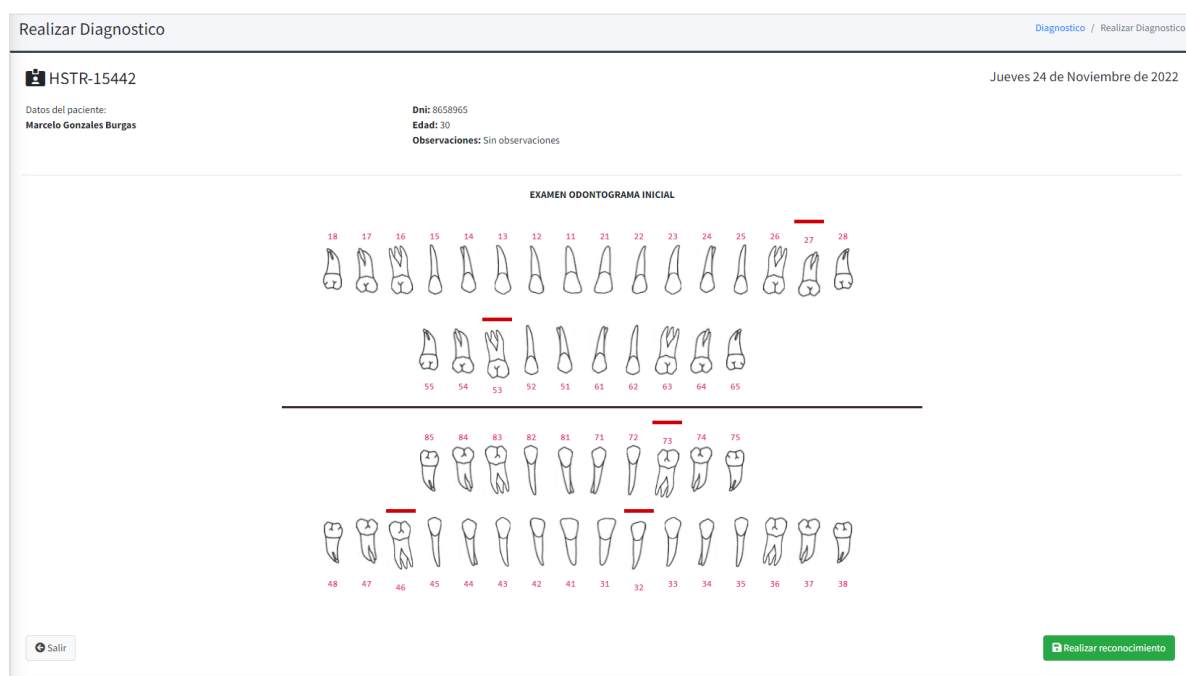



Fig. 55. Interfaz de registro de imagen para realizar reconocimiento

✓ Resultado de reconocimiento


Resultados de la predicción Home / Resultados

Observaciones




CARIES SIMPLE
N° de Diente Afectado: 27

El sistema detectó que el diente padece de **CARIES COMPLEJA**.




CARIES COMPLEJA
N° de Diente Afectado: 46

El sistema detectó que el diente padece de **CARIES COMPLEJA**.




DIENTE SANO
N° de Diente Afectado: 36

El sistema detectó que el diente padece de **CARIES SANO**.



CARIES COMPLEJA
N° de Diente Afectado: 73

El sistema detectó que el diente padece de **CARIES COMPLEJA**.




CARIES COMPUESTA
N° de Diente Afectado: 53

El sistema detectó que el diente padece de **CARIES COMPUESTA**.

FICHA DE EVALUACIÓN ODONTOLÓGICA

Fig. 56. Interfaz de resultados de reconocimiento.

✓ Generación de Diagnostico



**CLÍNICA
METROPOLITANA**
tu salud en buenas manos

FICHA EVALUACION ODONTOLÓGICA

MÉDICO TRATANTE Mitzy Danaya Rojas Olano

HISTORIA CLÍNICA HSTR-15442

NOMBRES Y APELLIDOS Marcelo Gonzales Burgas

DIAGNOSTICO

28 de Mayo de 2022 a las 10:32

Edad: 30 años

Ocupación:

Hora: 10:32 AM

Sexo: M

PLAN DE TRATAMIENTO

- 2 Restauraciones de Caries Compleja
- 1 Restauraciones de Caries Compuesta
- 1 Restauraciones de Caries Simple

Otros:

OBSERVACIONES

¡ Sin Observaciones

¡ 1 Dientes Sano

¡ IMPORTANTE: SIN OBSERVACIONES

EXAMEN ODONTOGRAMA INICIAL

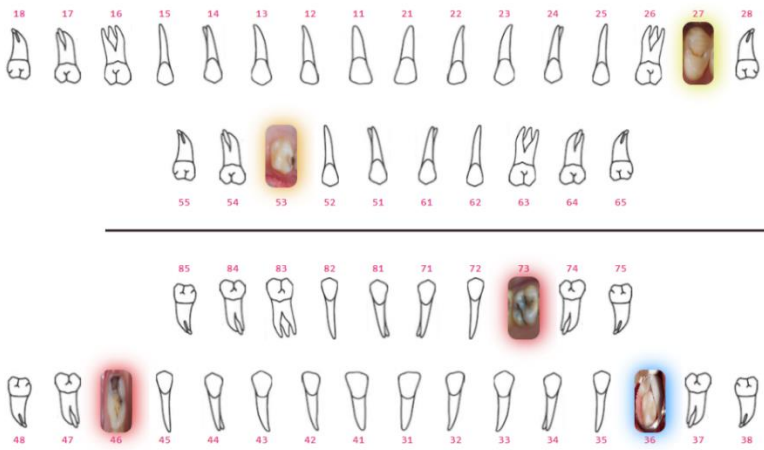


Fig. 57. Interfaz de generación del diagnóstico.

4.2. En base a los objetivos de la investigación

1.1.1. Identificar las características de las enfermedades bucodentales

En el desarrollo y demostración del primero objetivo se tuvo en cuenta identificar qué características tiene cada enfermedad, para ello se recurrió a capturar la data de imágenes en los mismos pacientes que padecían de dicha enfermedad lo cual acudían al consultorio. Teniendo como indicador el número de imágenes tomadas de cada enfermedad bucodental, en este conjunto de datos se determinaron una cierta cantidad de imágenes por cada diente que posee un tipo de caries, siendo así un total de 2.230 imágenes con características beneficiosas registradas para el reconocimiento de los cuales fueron clasificados como caries compleja, caries compuestas y caries simple. También se ha considerado un set de imágenes de diente sano complementando el total de imágenes mencionado. Todo esto con la intención de determinar los rasgos importantes de cada parte para el procesamiento de imágenes y poder determinar si es factible realizar el modelo con las características proporcionadas.

1.1.2. Desarrollar un modelo de sistema inteligente de reconocimiento de imágenes para la identificación de enfermedades bucodentales.

Para desarrollar el segundo objetivo se evaluaron diversas opciones, entre las cuales la mejor solución fueron las redes neuronales convolucionales, utilizando bibliotecas de aprendizaje profundo como keras y tensorflow para desarrollar modelos de redes neuronales que procesan imágenes y utilizarlas para su entrenamiento. Para ello se sigue un modelo secuencial, que consta de capas convolucionales, capas de max pooling, capas de aplanamiento, softmax y conexiones totalmente conectadas como se muestra en la Fig. 36.

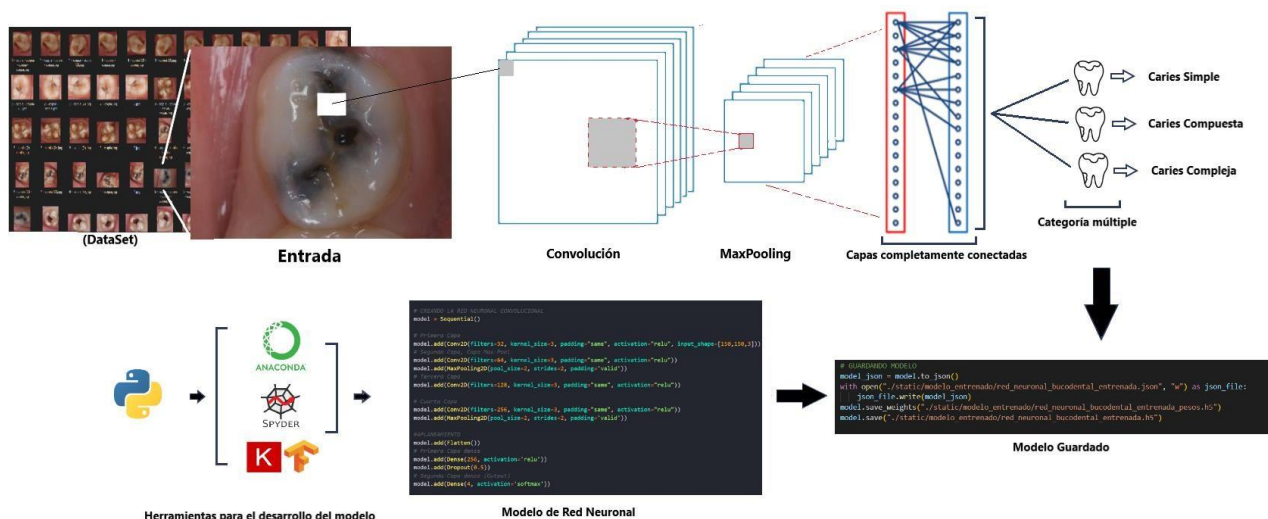


Fig. 58. Modelo de clasificación de imágenes

1.1.3. Determinar la fiabilidad y precisión del modelo de reconocimiento de enfermedades.

Para el cumplimiento del tercer objetivo Luego de poner en ejecución el entrenamiento se obtuvo los siguientes resultados.

70/70	[=====]	- 56s	797ms/step	- loss: 0.1450	- accuracy: 0.9484	- val_loss: 0.0359	- val_accuracy: 0.9950
Epoch 72/80							
70/70	[=====]	- 56s	803ms/step	- loss: 0.1309	- accuracy: 0.9561	- val_loss: 0.0286	- val_accuracy: 0.9850
Epoch 73/80							
70/70	[=====]	- 58s	827ms/step	- loss: 0.1452	- accuracy: 0.9516	- val_loss: 0.0378	- val_accuracy: 0.9850
Epoch 74/80							
70/70	[=====]	- 55s	784ms/step	- loss: 0.0978	- accuracy: 0.9664	- val_loss: 0.0212	- val_accuracy: 0.9900
Epoch 75/80							
70/70	[=====]	- 55s	785ms/step	- loss: 0.1088	- accuracy: 0.9614	- val_loss: 0.0126	- val_accuracy: 0.9970
Epoch 76/80							
70/70	[=====]	- 56s	793ms/step	- loss: 0.0733	- accuracy: 0.9704	- val_loss: 0.0116	- val_accuracy: 0.9970
Epoch 77/80							
70/70	[=====]	- 56s	804ms/step	- loss: 0.1058	- accuracy: 0.9655	- val_loss: 0.0168	- val_accuracy: 0.9970
Epoch 78/80							
70/70	[=====]	- 55s	787ms/step	- loss: 0.1037	- accuracy: 0.9614	- val_loss: 0.0266	- val_accuracy: 0.9890
Epoch 79/80							
70/70	[=====]	- 56s	800ms/step	- loss: 0.1101	- accuracy: 0.9587	- val_loss: 0.0188	- val_accuracy: 0.9940
Epoch 80/80							
70/70	[=====]	- 57s	814ms/step	- loss: 0.0817	- accuracy: 0.9700	- val_loss: 0.0172	- val_accuracy: 0.9970

Fig. 59. Resultados de entrenamiento

Para una mejor visualización e interpretación se ha realizado la siguiente gráfica a partir de los datos obtenidos:

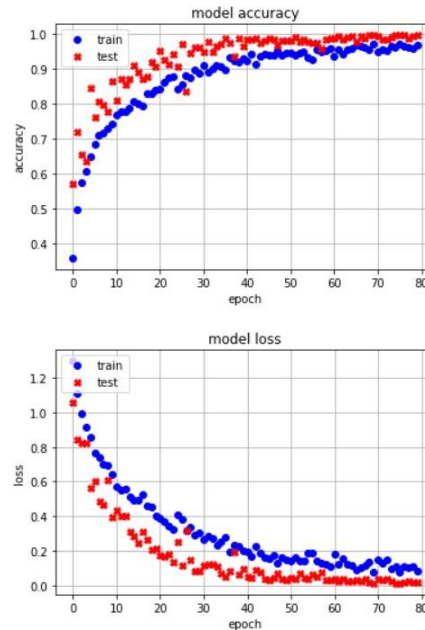


Fig. 60. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en el entrenamiento

Se observa un resultado óptimo en el comportamiento del entrenamiento. Para el entrenamiento como en validación se observa que los valores de pérdida han ido disminuyendo, indicando que es un buen indicio de entrenamiento. De la misma manera, los valores de precisión se observan que han ido en aumento conjuntamente sin estar muy alejados el uno del otro, llegando alcanzar al final de la ejecución una precisión del 97% en el entrenamiento y para la validación un 99%, lo cual esto es un buen resultado para el cumplimiento de este objetivo.

1.1.4. Desarrollar una aplicación web que apoye el modelo del sistema.

Para lograr el cuarto objetivo, se muestra como resultado el producto final, se desarrolló un sistema en un entorno web, donde el usuario ingresará imágenes de acuerdo con los dientes que ha seleccionado en una odontograma establecida, dicho sistema utilizará el modelo que ha sido entrenado y posteriormente guardado, carga las respuestas muestra con el reconocimiento ya dado como parte del diagnóstico.

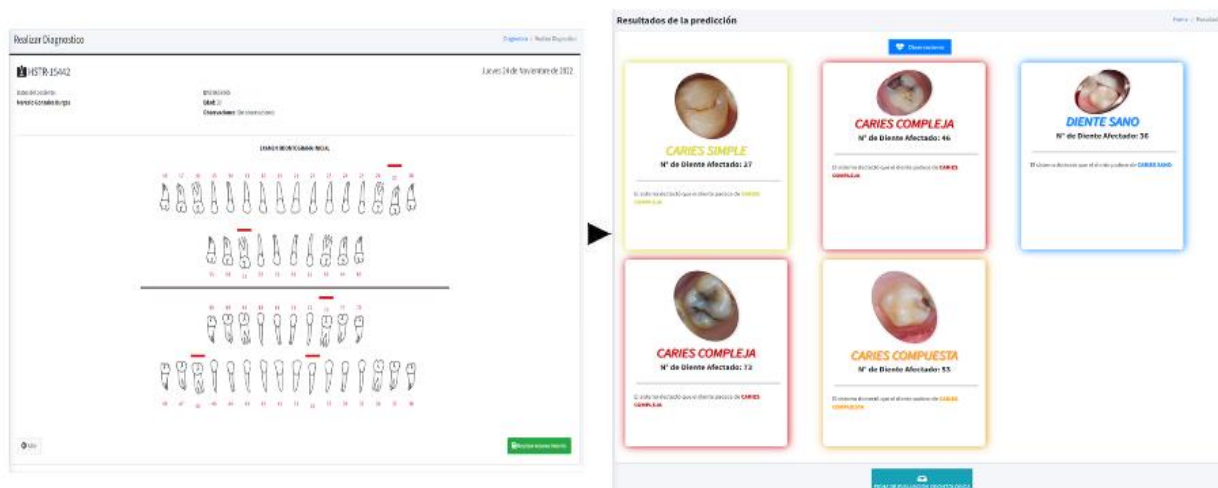



Fig. 61. Interfaz de reconocimiento de imágenes

Observando la Fig. 50, el sistema aquí apoya al modelo que se a establecido para realizar sus predicciones. Conformado por una odontograma, permite hacer captura del diente que seleccione a evaluar.



**CLÍNICA
METROPOLITANA**
tu salud en buenas manos

FICHA EVALUACION ODONTOLÓGICA

MÉDICO TRATANTE Mitzy Danaya Rojas Olano

HISTORIA CLÍNICA HSTR-15442

NOMBRES Y APELLIDOS Marcelo Gonzales Burgas

DIAGNOSTICO

28 de Mayo de 2022 a las 10:32

Edad: 30 años

Ocupación:

Hora: 10:32 AM

Sexo: M

- CARIES COMPLEJA

- CARIES COMPUESTA

- CARIES SIMPLE

- DIENTE SANO

PLAN DE TRATAMIENTO

- 2 Restauraciones de Caries Compleja

- 1 Restauraciones de Caries Compuesta

- 1 Restauraciones de Caries Simple

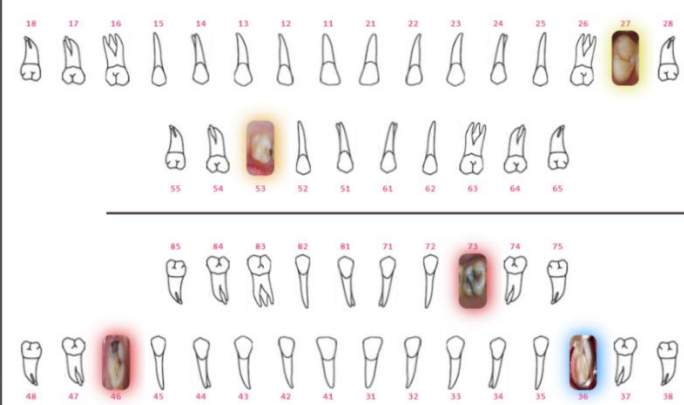
Otros:

OBSERVACIONES

¡ Sin Observaciones

¡ 1 Dientes Sano

EXAMEN ODONTOGRAMA INICIAL



¡ IMPORTANTE: SIN OBSERVACIONES

Fig. 62. Interfaz de registro final de diagnostico

Parte del cumplimiento de este objetivo, es la generación del diagnóstico que se genera al realizar la predicción con dicho modelo (Fig. 47), ésta clasifica a través de niveles de alertas con su grado de lesión pintándolos de mayor riesgo a menor, siendo rojo la lesión más riesgosa, pasando al color anaranjado que es de riesgo medio y al final de color amarillo que es un riesgo inicial. Éstas son simulaciones que se han realizado en la implementación del sistema inteligente para evidenciar la funcionalidad en la identificación de enfermedades bucodentales apoyado del modelo.

4.3. Impactos esperados

4.3.1. Impactos económicos

El sistema inteligente proporcionará un diagnóstico preciso por cada paciente, llevando un control detallado, lo cual esto ahorra el tiempo en el proceso al emitir dicho diagnóstico como para la detección de las enfermedades bucodentales, con ello el cirujano dentista obtendrá menos pacientes en espera o con citas futuras, obteniendo con más ganancias por cada paciente que realice.

4.3.2. Impactos sociales

No fue solamente una herramienta de apoyo al Cirujano Dentista, sino también de ayuda para los pacientes mismo, proporcionándoles una información visible y precisa de los tipos de enfermedades bucodentales que existen en ellos, además de su prevención y tratamiento que deben seguir.

4.3.3. Impactos en tecnología

El sistema inteligente determinará mediante el reconocimiento de imágenes qué enfermedad bucodental está padeciendo el paciente evaluado, y con ello poder generar su diagnóstico y su tratamiento respectivo, previniendo que la enfermedad se siga desarrollando, siendo de gran al apoyo al cirujano dentista.

El producto acreditable denominado sistema inteligente para el apoyo en la identificación de enfermedades bucodentales ha sido desarrollado cumpliendo con

los objetivos trazados para su implementación, esto debido a que, dichas enfermedades son considerados problemas que se dan frecuentemente en la salud pública y que su diagnóstico y tratamiento es de vital importancia. Deménech [7], nos muestra la necesidad de crear un sistema experto para diagnosticar y brindar tratamiento de enfermedades bucales prevenibles. Este autor brinda una propuesta dentro del mismo contexto acerca de las enfermedades bucales, abarcando todas en específico, optando como solución la implementación de un sistema experto basadas en lógica difusa, donde da un diagnóstico evaluando principalmente el tipo de enfermedad que un paciente pueda presentar de acuerdo con sus síntomas, ingresados por el cirujano Dentista. A diferencia de esta investigación, se optó por una tecnología moderna, la integración de Deep Learning con redes neuronales convolucionales utilizando reconocimiento de imágenes, llevándolo a una plataforma web que estaría más cercano al uso y generación del diagnóstico con un odontograma que es parte del proceso.

Bustos [8] y Montes [9] hicieron uso de las redes neuronales convolucionales para el apoyo en el diagnóstico de enfermedades, haciendo mención que su detección a vista humana era una situación complicada y que tomaba mucho tiempo llegar a un diagnóstico, es por ello que agrupaban determinadas imágenes en un conjunto de datos con características necesarias para distinguirlas, y también, haciendo uso de base de datos existentes, facilitando su agrupación de acuerdo a la enfermedad para posteriormente construir una arquitectura para el entrenamiento en un modelo computacional inteligente. Estas investigaciones se toman como referencias y nos aportan a cumplir con el primer y segundo objetivo, definir qué características son fundamentales, siendo éstas la entrada para el éxito del modelo computacional en su entrenamiento, detectando patrones de acuerdo con la información (características) que contiene las imágenes, y con esto el algoritmo aprenda a detectarlas.

Luego, analizando [10], estos autores nos mencionan bajo la misma problemática anterior, el uso de librerías para la construcción y desarrollo del algoritmo de modelo computacional basadas en redes neuronales que es de suma importancia para la detección mediante reconocimiento de imágenes y el uso de un framework que apoya su ejecución en un sistema de diagnóstico. Se toma como referencia esta investigación debido al uso de librerías keras y tensorflow para la creación de modelos de Deep Learning , entrenarlos y que son capaz de correr sobre

framework para la validación de éstas, llevándonos a cumplir con el segundo y cuarto objetivo.

Por último, los autores García [12] y Tejada [11] en sus investigaciones proponen la búsqueda de varios modelos de redes neuronales convolucionales con la intención de identificar el más eficiente para su propósito en la clasificación de imágenes, lo cual obtuvieron un porcentaje aceptable al momento de la ejecución. Éste último antecedente nos aporta a optar por un modelo con resultados óptimos en base a su entrenamiento, asignándole una cantidad de imágenes, aplicarle diversos filtros de convoluciones para un entrenamiento óptimo como el que se obtuvo logrando aplicar para el cumplimiento del tercer objetivo.

II. CONCLUSIONES

1. Con el apoyo del cirujano dentista que labora en el consultorio dental, se concluye que se logró obtener las características asociadas con las enfermedades bucodentales estudiadas. Dado que estas características fueron de vital importancia ya que se usaron en el entrenamiento, y gracias a esto, se estableció un algoritmo de modelo computacional determinando su precisión en el procesamiento.
2. Se Construyó un modelo de reconocimiento de imágenes para la identificación de enfermedades bucodentales, haciendo uso de cuatro capas convolucionales extrayendo así las características más profundas de las imágenes, lo que facilitó una mejor lectura de datos y velocidad en cuanto al tiempo de respuesta para la creación de la red neuronal, utilizando un set de datos de prueba y validación en la que contiene imágenes para ingresar al dicho modelo apoyado de librerías tensorflow y keras.
3. Se determinó la fiabilidad y desempeño del modelo, llegando alcanzar al final de la ejecución un 97% de precisión en entrenamiento y un 99% en validación, con 2,230 imágenes, aplicando (Data augmentation) como técnica para aumentar la cantidad de datos agregando copias ligeramente modificadas creadas a partir de las imágenes existentes, llegando a concluir que la precisión fue mejorando a medida que se recolecten más imágenes para el entrenamiento y validación, siendo ésta uno de los factores determinantes para el óptimo resultado.

4. Finalmente se desarrolló un sistema inteligente en entorno web apoyado del modelo de reconocimiento de imágenes para su funcionalidad. Este sistema a través de una odontograma como parte de su usabilidad, captura la imagen de un diente trayendo como respuesta los resultados la predicción del tipo de enfermedad bucodental y con ello generar un diagnóstico con los tratamientos previos a realizar dicho paciente.

III. RECOMENDACIONES

1. Para el uso de sistemas inteligentes, se recomienda utilizar una cámara endoscópica con una resolución superior a 5mpx para asegurar la calidad de imagen, buenas condiciones de iluminación para obtener una mejor precisión y evitar generar mayor porcentaje de error en el reconocimiento.
2. Para futuras investigaciones, se pueden evaluar otros modelos para el reconocimiento de imagen, incluso el reconocimiento con cámara de video, utilizando librería como opencv, de tal manera que se pueda lograr resultados en menos tiempo y eficientes para la determinación de enfermedades bucodentales.
3. Por último, se podría agregar más tipos de enfermedades bucodentales al procesamiento del modelo, para así llegar generar un diagnóstico más completo al momento de su detección.

IV. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Salud. "Enfermedades no transmisibles". Anexo N° 02 Programa presupuestal 0018: enfermedades no transmisibles. <https://bit.ly/3x72bsS> (acceso: 07 de abril del 2022).
- [2] M. E. Condori Velásquez, "Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades bucales prevenibles para el consultorio 'Virgen de Remedios'", Ciencias puras y naturales, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia, 2016. [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3zS0YUG>
- [3] Federación Dental Internacional, "El desafío de las enfermedades bucodentales una llamada a la acción pública", Brighton: Myriad Editions. 2015. [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3jPXLPLY>. Acceso: 08 abril del 2022
- [4] Organización mundial de salud. "*Salud bucodental*". <https://bit.ly/3E3fw6C> (acceso: 07 de abril del 2022)
- [5] G. A. Lazo Meneses, "Problemática actual en salud bucal en el Perú", vol. 3, n.º 2 P.55-58, Julio 2017. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/371tpGE>. Acceso: 08 abril del 2022
- [6] Y. Basulto Rodriguez, " Integración de la red neuronal convolucional con el algoritmo de función de frontera de objeto para reconocimiento de piezas y detección de defectos", Corporación Mexicana de investigación en Materiales, México, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3hayfTP>. Acceso: 08 abril del 2022
- [7] M. Condori Velasquez, "Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades bucales prevenibles para el consultorio dental 'virgen de remedios'", Departamento de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 2016. [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3ntFtGy>
- [8] J. Bustos, "Clasificación de imágenes histológicas mediante redes neuronales convolucionales", tesis de grado, Ciencias y tecnologías de las comunicaciones, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3tvNifZ>
- [9] S. Montes Fuentes, "Estudio de métodos para identificar signos de retinopatía diabética en imágenes de fondo del ojo", tesis de grado, Ciencias

de la Computación, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 2018. [En Línea].

Disponible en: <https://bit.ly/3nvTwLG>

- [10] Y. Cubas Rojas, J. de la Cruz Flores, “Sistema de diagnóstico preliminar para la clasificación de catarata senil utilizando redes neuronales convolucionales en la Institución Oculista Doctor Castillo SJL”, Departamento de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Cesar Vallejos, Lima, Perú, 2019, [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2XdbgjT>
- [11] G. Tejada Layme, R. Gonzales Chama, “Arquitectura de red neuronal convolucional para diagnóstico de cáncer de piel”, Departamento de Ingeniería, Universidad Tecnológica de Perú, Arequipa, Perú.
- [12] C. García Cortegano, “Sistema inteligente móvil basado en redes neuronales convolucionales para el diagnóstico previo de enfermedades renales”, Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú, 2020, [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3kBTj7N>
- [13] M. Rouse. “Inteligencia artificial o AI? - Definición en WhatIs.com. Techtarget [consultado 16 septiembre 2021] Disponible en: <https://bit.ly/3Ci2BMd>
- [14] C. Silcox, “La inteligencia artificial en el sector salud: Promesas y desafíos”, Banco Interamericano de Desarrollo, 2020. [En Línea] Disponible en: <https://bit.ly/3Cjq4wB>
- [15] Colaborador de TechTarget. “Aprendizaje automático (machine learning)? - Definición en WhatIs.com. Techtarget [consultado 16 septiembre 2021] Disponible en: <https://bit.ly/3hG7DKz>
- [16] E. Burns, “Aprendizaje profundo (deep learning)”, Techtarget [consultado 16 septiembre 2021] Disponible en: <https://bit.ly/2Z81ZKZ>
- [17] Y. Basulto Rodríguez, "Integración de la red neuronal convolucional con el algoritmo de función de frontera de objeto para reconocimiento de piezas y detección de defectos", Grado académico de Maestro en Ciencia y Tecnología en Manufactura Avanzada, Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, Saltillo, Coahuila, México, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3kMhz7o>
- [18] J Silvestre Llopis, "Clasificación de Imágenes Naturales y Multi-Espectrales Mediante Redes Neuronales Convolucionales y Normalización Divisiva",

- Trabajo de fin de Máster, Departamento, ETSE - Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Valencia, España, 2019. [En línea].
 Disponible en: <https://bit.ly/3tm3rFY>
- [19] J. Durán Suárez, "Redes neuronales convolucionales en R : Reconocimiento de caracteres escritos a mano", Trabajo Fin de Grado, EDep. de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Sevilla, España, 2017. [En línea].
 Disponible en: <https://bit.ly/3xanwQk>.
- [20] P. Salcedo Lagos, "CommonKADS y el Lenguaje de Modelado Unificado UML", Ingeniería informática, N°8, 2002, [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3xicHvJ>. Acceso: 2022.
- [21] O. Caja García, " Librería Python para el aprendizaje y la implementación de redes neuronales", Trabajo Final de Grado, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3zX1joB>
- [22] M. de los Angeles, G. Gonzales, D. Loor, " Guía de demostración práctica, nomenclatura e instrumental utilizado en Odontología", Facultad de Odontología, Universidad Central de Venezuela, Venezuela, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3ERzIc1>
- [23] P. Pablo Martínez. "Anatomía bucal: ¿cuáles son las partes de un diente?". Ferrus & Bratos. 2021, <https://bit.ly/39OmChs> (acceso: 28/09/2021)
- [24] Personal de Healthwise. " Partes de un diente". Cigna. 2021, <https://bit.ly/39JaZs5> (acceso: 29/09/2021)
- [25] O. Montserrat Catalá Pizarro, "La caries dental: una enfermedad que se puede prevenir", Vol. 12, Núm. 3, páginas 147-151, Mayo – junio 2014. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2ZJWaDX>.
- [26] B. Gurrola Martínez, J. Álvarez Bañuelos, "SCavidades para dentición infantil", Departamento de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Mexico, Mexico, 2018, [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3aHAEFl>
- [27] J.L. Galán Zapata, "Sistema inteligente de reconocimiento de imagen para apoyar el diagnostico de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz en el departamento de Lambayeque en el año 2019", Departamento de ingeniería, Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Lambayue, Perú, 2021. [En Línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3xSGoUA>

V. ANEXOS

**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

Chiclayo, 17 de Junio de 2022

OFICIO N°014-2022-HM/ADM

SEÑOR
ANTHONY HERNANDEZ OLAZABAL
UNIVERSITARIO ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN USAT
Chiclayo.-

ASUNTO: APROBACIÓN DE PROYECTO

Por medio del presente le saludamos cordialmente, a su vez tomando conocimiento de la culminación de su proyecto de tesis "**SISTEMA INTELIGENTE PARA EL APOYO EN LA IDENTIFICACIÓN DE ENFERMEDADES BUCODENTALES BASADO EN EL RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES**", el cual fue revisado por las áreas correspondientes, es por ello que se **APRUEBA** sin observaciones.

Sin otro particular aprovechamos la ocasión para expresarle nuestros sentimientos de consideración y estima personal.

Atentamente

HOSPITAL METROPOLITANO S.A.

JUANA MARÍA AGUILAR ZAPANA
DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA

ANEXO N° 02. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

GUIA DE LA ENTREVISTA

Dirigido: Mitzy Dayana Rojas Olano

Cargo: Cirujano Dentista – Área Odontología. Clínica Metropolitana

La presente entrevista se realizará con el objetivo hacer un análisis con fines educativos para identificar la realidad problemática. Se debe recalcar que toda información que brindará será confidencial utilizada en la investigación.

Preguntas:

1. ¿Con que frecuencia suelen acudir al consultorio los pacientes?

2. ¿Qué enfermedad bucodental se presencia más en los pacientes?

3. ¿Qué características tiene una enfermedad bucodental para diferenciarlas de otras?

4. ¿Cómo logras reconocer el grado de lesión de una enfermedad bucodental?

5. ¿Qué instrumento usas para reconocer la presencia de una enfermedad bucodental?

6. ¿Cuánto tiempo toma identificar una enfermedad bucodental?

7. ¿Cómo inicias proceso de atención al paciente?

8. ¿Cómo es el proceso de la realización del diagnóstico?

9. ¿Cuánto tiempo toma en realizar un diagnóstico?


10. ¿Cómo asignas un tratamiento al paciente?

11. ¿Cómo llevas un control por diagnóstico del paciente?

12. ¿Cada que tiempo se realiza un nuevo diagnostico?

13. ¿Qué información usas para llegar a un diagnóstico?

ANEXO N° 04. FICHA DE EVALUACIÓN ODONTOLÓGICA PARA EL REGISTRO DE DIAGNOSTICO JUNTO A SU TRATAMIENTO RESPECTIVO



CLÍNICA METROPOLITANA
Por salud en buenas manos

FICHA EVALUACIÓN ODONTOLÓGICA

MÉDICO TRATANTE

NOMBRES Y APELLIDOS: *Nataly Gorochoya Montuz*

HISTORIA CLÍNICA:

Fecha: *20-11-2020* Edad: *42a*

Hora: *04:00 pm* Sexo: *F* Ocupación: _____

DIAGNÓSTICOS:

- Cáaries dental

- Caries dental

GESTANTE: SÍ NO

DIABETES: SÍ NO

HIPERTENSION: SÍ NO

P. COAGULACIÓN: SÍ NO

ALÉRGICO A: SÍ NO

OTROS: SÍ NO

Paciente refiere recibir tratamiento endomuscular para SOP.

PLAN DE TRATAMIENTO:

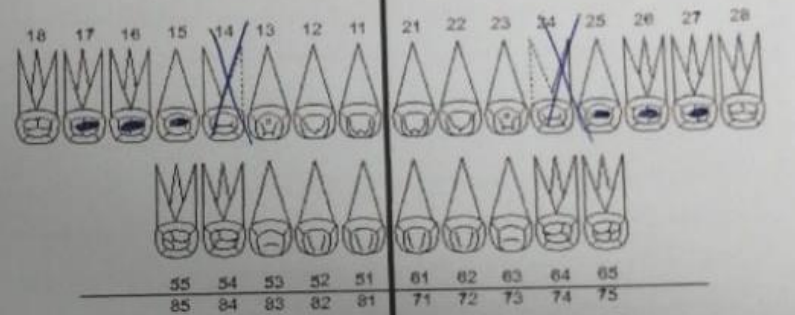
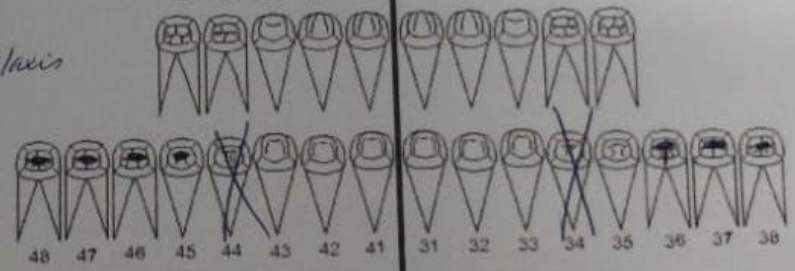
- Destartraj

- Profilaxis

- Fluorización

- 02 restauraciones simples

EXAMEN ODONTOGRAMA INICIAL

R										R									
18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28				
																			
35	34	33	32	31	61	62	63	64	65										
85	84	83	82	81	71	72	73	74	75										
																			
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38				
R										R									

TRATAMIENTO:

- Destartraj + profilaxis

- Fluorización

- 01 restauración simple en pta. 37

OBSERVACIONES:

Restauración pta. 37 fracturada hacia vestibular.

FIRMA Y SELLO DEL MÉDICO

Nataly Gorochoya Montuz

CIRUJANO DENTISTA
COP. 37702

ANEXO N° 05. ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE FUNCIONALIDAD

Encuesta de evaluación de funcionalidad del sistema inteligente para el apoyo en la identificación de enfermedades bucodentales

Dirigido: Cirujano Dentista profesional experto.

Estudiante: Anthony Hernandez Olazabal

¿Cree que la función de esta herramienta tecnológica apoyaría en la identificación de enfermedades bucodentales?

Si **No**

¿Cree que la función de esta herramienta tecnológica apoyaría en el proceso de realización del diagnóstico?

Si **No**

¿Considera que este sistema inteligente, aportaría en beneficios al paciente a tener una información visible y precisa de su estado bucal y las lesiones que presenta al momento de reconocer la presencia de una enfermedad bucodental?

Si **No**

¿Los resultados de predicción acerca de una enfermedad bucodental, es acertada en su totalidad?

Si **No**

¿El diagnóstico como resultado, son los adecuados para gestionar la información del paciente?

Si **No**

¿Cree que la funcionalidad del sistema facilita el manejo de información de cada paciente?

Si **No**

Firma del encuestado