



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

**Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente
Convocatoria 2019/2020.**

Nº de proyecto:
156

Título del proyecto:
**DIAGNOSTICO DE CARIES MEDIANTE DOS HERRAMIENTAS EN EL GRADO DE
ODONTOLOGÍA: DIAGNODENT™ PEN. E INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Responsable del proyecto:
VICENTE VERA GONZALEZ

Centro:
FACULTAD DE ODONTOLOGIA

Departamento:
ODONTOLOGIA CONSERVADORA Y PRÓTESIS BUCOFACIAL

ÍNDICE

1.- OBJETIVOS PROPUESTOS	3
2.- OBJETIVOS ALCANZADOS	5
3.- METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO	6
4.- RECURSOS HUMANOS	7
5.- DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES	9
6.- ANEXO: PUBLICACIÓN en revista ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE	11

1.- OBJETIVOS PROPUESTOS

Como objetivo general, se planteó el uso de dos herramientas en la clínica de Grado:

- *El DIAGNOdent™ pen*: los alumnos obtendrán un diagnóstico objetivo de lesiones iniciales de caries.

- *Una aplicación informática* basada en el desarrollo de técnicas de Inteligencia Artificial en el ámbito de la visión por computador y el procesamiento de imágenes de radiografías para ayuda al diagnóstico de la caries en odontología.

De forma más específica se proponen las siguientes líneas de OBJETIVOS ESPECÍFICOS, junto con sus propuestas de valor, problemas que resuelven y necesidades a las que responden:

1. Formar al alumno en la utilización de la herramienta DIAGNOdent™ pen. durante el plan de tratamiento a realizar en cada lesión de caries diagnosticada. El diagnóstico de caries con la herramienta DIAGNOdent™ pen. es objetivo y de gran utilidad en la determinación de la profundidad de la lesión en caries incipientes.

O1.2: Establecer metodologías docentes innovadoras para mejorar el sistema de aprendizaje del alumno.

2. Desarrollar métodos de clasificación y umbralización en imágenes para identificación de estructuras significativas. Resuelve el problema de la identificación de distintas regiones por diferencias de intensidad y relaciones estructurales entre regiones. Por ejemplo, la lesión de caries se sitúa en la estructura dental, próxima a los bordes de ésta, presentando ambas diferencias de intensidad relevantes. Se distinguen los siguientes sub-objetivos:

O2.1: Crear una base de datos de casos clínicos con datos clasificados.

O2.2: Desarrollar nuevos métodos para la diferenciación de niveles de intensidad y relaciones estructurales. Se contemplan métodos basados en clasificación de patrones y multi-umbralización, así como métodos que permiten diferenciar diferentes estructuras dentarias.

3. Transferir el conocimiento al sector productivo en odontología. Aborda el problema de proporcionar una metodología de diagnóstico automático en odontología y resuelve la necesidad de disponer una herramienta inteligente amigable y útil. Se concreta en los siguientes sub-objetivos:

O3.1 Diseminar y publicar los resultados conjuntos obtenidos en revistas especializadas, con preferencia en las que poseen índice de impacto.

O3.2 Proteger los resultados como registro de la propiedad intelectual o mediante modelo de utilidad en relación al procedimiento en el la interpretación de los valores medidos por el DIAGNOdent™ pen.

4. Mejorar la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. Aborda un problema motivacional importante dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Así, desde odontología se plantea un problema real, proporcionándose una solución informática aplicando conocimientos y técnicas específicas derivadas de las disciplinas docentes y devolviendo a odontología la posibilidad de estudio y análisis de datos de una forma amigable, automática y con posibilidad de su fácil reproducción. Dentro de este punto se incluye un aspecto de carácter genérico para favorecer la colaboración multidisciplinar, que además resuelve el problema de lo que se conoce como

extracción de conocimiento en el ámbito de la inteligencia artificial, para trasladar el conocimiento implícito y explícito del experto (odontólogos) a los programas inteligentes, para que reproduzcan las capacidades de aquellos, a la vez que se favorece el trabajo en grupo. Este objetivo general se concreta en los siguientes sub-objetivos:

O4.1 Relacionar los contenidos específicos relacionados con la utilización del DIAGNOdent™ pen. en las materias docentes en odontología e inteligencia artificial con los resultados del proyecto para la realización de prácticas docentes, proyectos fin de grado, trabajos fin de máster e incluso tema de tesis doctorales.

O4.2 Extraer conocimiento experto (odontología) para aplicarlo en el programa inteligente.

O4.3 Someter las materias involucradas a evaluación docente a través del programa DOCENTIA.

2.- OBJETIVOS ALCANZADOS

El grado de consecución de los objetivos propuestos en el proyecto presentado en la convocatoria de 2019 es alto.

En cuanto al OBJETIVO GENERAL: se han implementado dos herramientas en la clínica de Grado para el diagnóstico de caries, *el DIAGNOdent™ pen y una aplicación informática* basada en el desarrollo de técnicas de Inteligencia Artificial.

Respecto de los OBJETIVOS ESPECÍFICOS planteados, en los siguientes puntos se proporcionan evidencias que avalan el alto grado de cumplimiento logrado:

1. Los estudiantes de 4 curso de grado de la disciplina de Patología y Terapéutica Dental II en las prácticas preclínicas, previo a las prácticas clínicas con Pacientes, recibieron formación para utilizar *el DIAGNOdent™*.

O1.2: Se estableció una metodología docente para completar el aprendizaje in vitro, con los 99 alumnos de la asignatura, y con 5 aparatos *DIAGNOdent*, conseguidos por el Departamento de Odontología Conservadora.

2. Se desarrolló una metodología de umbralización y clasificación de las Imágenes Radiográficas Extrabucales (panorámicas) mediante técnicas de procesamiento inteligente de imágenes para identificar la lesión de caries, presentando una diferencia significativa en cuanto a la intensidad entre estructura sana y caries.

O2.1: Creamos una base de datos con 20 casos clínicos con lesiones de la caries en sus distintos grados para establecer una clasificación adecuada a las competencias de los estudiantes de 4 curso.

O2.2: Desarrollamos una nueva metodología para poder diferenciar los niveles de intensidad y su relación con las estructuras anatómicas.

3. Se ha podido transferir el conocimiento adquirido en la utilización de métodos inteligentes al sector productivo en Odontología, desarrollando una herramienta de diagnóstico automático en odontología, cuya base científico-tecnológica ha sido publicada en la revista *Artificial Intelligence in Medicine* (Anexo 1).

O3.1: Publicación de los resultados en revista internacional JCR Q1 (último registro).

4. Al implementar ambas herramientas a los estudiantes de 4 curso en la consecución de las competencias clínicas, se ha mejorado la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje, motivando al estudiante para facilitar el diagnóstico de la enfermedad de caries y poder establecer el plan de tratamiento en los diferentes pacientes acorde con el grado de enfermedad.

O4.1: Mediante la implementación de técnicas inteligentes en el diagnóstico de patologías dentarias. Además, está en desarrollo una tesis doctoral que va a abordar los diferentes usos de ésta herramienta en Odontología.

O4.2: Se pudo extraer el conocimiento adquirido tras analizar las imágenes radiográficas para aplicarlo en la aplicación informática.

3.- METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROYECTO

Metodológicamente, el proyecto se planteó bajo dos puntos de vista: científico-técnico y formación integral en el proceso enseñanza-aprendizaje. Para abordar ambos aspectos se diseñaron siete paquetes de trabajo, que se describen a continuación. El procedimiento metodológico constó de las siguientes fases:

1. Reuniones de inicio, análisis del punto de partida en función de los resultados obtenidos hasta el momento, definición de requisitos y distribución de actividades.
2. Reuniones de cada equipo (odontología, informática) para asignación de tareas específicas.
3. Estudio y análisis de datos recopilados y métodos inteligentes ya desarrollados y por desarrollar.
4. Desarrollo y pruebas de validación con reuniones de seguimiento (al menos una al mes).
5. En cada asignatura y en el momento oportuno: explicar el proyecto, elaborar material docente, proponer trabajos (Grado).
6. Publicar y registrar los resultados obtenidos (Anexo 1).
7. Plantear acciones conjuntas de futuro en relación a los avances conseguidos y problemática identificada.

4.- RECURSOS HUMANOS

Confluyen dos grupos cuyos miembros son expertos en sus respectivos ámbitos. Los perfiles de idoneidad de los integrantes de los dos grupos multidisciplinares son:

GRUPO FACULTAD ODONTOLOGÍA

1. Dr. Vicente Vera González (VV): Profesor titular. Evaluación Docente positiva, curso 2015-16. Coordinador-Responsable de la asignatura de Patología y Terapéutica Dental II y Coordinador de la asignatura Clínica Odontológica Integrada, área de Conservadora. Participación en varios proyectos de innovación docente.
2. Dr. Álvaro Enrique García Barbero (EG) Profesor titular. Sub-director del Departamento de Odontología Conservadora y Prótesis Buco-Facial. Participación en varios proyectos de innovación docente.
3. Dr. Ignacio Aliaga (IA). Profesor Ayudante Doctor. Colaborador en las asignaturas: Patología y Terapéutica Dental I y Terapéutica Compleja e Introducción a la Odontología. Evaluación Docente excelente, curso 2017-18. Participación en varios proyectos de innovación docente.
4. Dra. María Pedrera Canal (MP). Doctora de reciente graduación (2015) UCM. Médico Adjunto de la Unidad de Medicina nuclear del Hospital Clínico San Carlos Madrid. Participación en varios proyectos de innovación docente.
5. Daniel Aliaga (DA). Con su tesis en proceso de trámite. Residente de la Unidad del Departamento de Cirugía oral y Maxilofacial del Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Participación en varios proyectos de innovación docente.
6. Dra. Beatriz Hernando (BH). Profesora Asociada A-4 de la asignatura Clínica Odontológica Integrada e Introducción a la Odontología. Doctora de reciente graduación (2018) UCM.
7. Dr. Andrés Sánchez Monescillo (AS). Profesor visitante de la University of Southern California en el Departamento de Restauradora. Doctor de reciente graduación (2015) UCM.

GRUPO FACULTAD INFORMÁTICA

1. Dr. Gonzalo Pajares (GP): Catedrático. Coordinador de las asignaturas Ingeniería del Conocimiento y Visión por Computador involucradas en el proyecto. Director del grupo de investigación ISCAR de la UCM hasta Noviembre de 2018, actualmente miembro del mismo. Director de 23 tesis doctorales, investigador principal en 12 proyectos nacionales e internacionales competitivos en inteligencia artificial. IP en 6 proyectos de innovación docente, 4 en los últimos 4 años. Evaluaciones positivas (12) últimos 5 años.
2. Javier Dormido Canto (JD): Contratado de proyecto bajo la dirección de GP durante los últimos 4 años. Graduado en Informática por la UPM. Miembro del grupo ISCAR. Actualmente desarrollando trabajos de investigación en visión por computador.

3. Dr. Miguel Salvador Hinojosa Cervantes (MH): Doctor por la Universidad Complutense, habiendo obtenido financiación de CONACYT-México, procede de la Universidad de Guadalajara (Jalisco) en México. El tema de su Tesis doctoral se centra en métodos de segmentación de imágenes mediante técnicas de umbralización, íntimamente relacionados con la investigación propuesta en relación a la detección de estructuras relevantes en las imágenes.
4. Dr. Pedro Javier Herrera Caro (PH): Profesor titular en la UNED. Doctor en 2010 con investigación en el CSIC. Docencia en materias relacionadas: Sistemas de Percepción Visual y Sistemas Difusos de Apoyo a la Toma de Decisiones. Coordinador de Innovación del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad Francisco de Vitoria (UFV). Participación en proyectos de innovación docente en la UCM y UFV.

5.- DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

El plan de trabajo se estructuró en seis PTs, con desglose de actividades (Ax.y), identificando los objetivos específicos previos (Objetivos: Ox.y), cronograma, personas responsables (Responsable) y participantes (Participantes) (identificados por las iniciales, según la sección de recursos humanos), Hitos (Hx.y) y duración en meses desde Septiembre 2019- Marzo 2020. **FINALIZÓ CON INICIO PANDEMIA COVID-19** (En azul).

PT1: Coordinación y gestión

A1.1: Gestión y seguimiento del proyecto, evaluación de riesgos según el material y los recursos disponibles, soluciones técnicas y decisiones docentes e investigadoras; Responsables: VV, GP; Participantes: todos. (Septiembre 2019- Marzo 2020).

A1.2: Definición de requisitos odontológicos a cubrir en clínica con la herramienta DIAGNOdent™ pen. con especial énfasis en los aspectos relativos a la manipulación por parte de los estudiantes del DIAGNOdent™ pen. y en aspectos relativos a la interpretación de los datos obtenidos, así como la obtención de radiografías de lesiones cariosas. Responsable (VV, IA); Participantes (EG, BH). (Septiembre 2019).

A1.3: Definición de requisitos técnicos en Visión por Computador e Inteligencia Artificial y aplicaciones docentes. Responsable (GP); Participantes: (SP, JD, JG, MH, JH, MP, DA, AS). (Septiembre y Octubre 2019).

H1.1: Documentación relativa a las decisiones adoptadas y la implantación docente.

PT2: Exploración clínica a los pacientes y selección de casos reales

A2.1: Exploración intraoral con el DIAGNOdent™ pen. (Septiembre 2019-Diciembre 2019).

A2.2: Obtención de radiografías extraorales. (Septiembre 2019-Diciembre 2019).

H2.1: Base de datos con descripción de los ejemplos seleccionados.

PT3: Técnicas de Visión por Computador en el ámbito de la Inteligencia Artificial

A3.1: Desarrollo de técnicas de clasificación y umbralización para la segmentación de imágenes, reconocimiento de bordes y regiones, descripción de texturas, aprendizaje automático. Todo ello encaminado a la identificación de caries. Responsable: GP; Participantes: (SP, JD, MH, JH). Objetivos: O2.1, O2.2. (Septiembre 2019- Marzo 2020).

H3.1: Herramienta informática inteligente (prototipo).

PT4: Validación de los desarrollos

A4.1: Verificación de las técnicas inteligentes desarrolladas. Responsable: (VV, IA); Participantes: (EG, MP, AS, DA). Objetivo: O1.2. (Septiembre 2019- Marzo 2020).

A4.2: Análisis estadístico de datos obtenidos de la utilización por parte de alumnos de pregrado de la herramienta DIAGNOdent™ pen. Responsables: (VV, IA); Participantes: (EG, MP, DA, BH). Obj: O1.1, O1.3. (Septiembre 2019- Febrero 2020)

H4.1: Documento sobre el funcionamiento de la herramienta y análisis de los datos obtenidos.

PT5: Difusión de resultados

A5.1: Difusión de resultados sobre el diagnóstico de la caries con la herramienta DIAGNOdent™ pen en la clínica de Grado. Responsables: (VV, IA); Participantes: (todos). Objetivo: O4.1. [\(Pendiente de realizar\)](#).

A5.2: Difusión de resultados de la herramienta inteligente. (Anexo 1). Responsable: (GP); Participantes: (todos). O3.1. [\(Febrero 2020\)](#).

H5.1: Publicaciones científico-docentes.

A5.3 y H5.2: Registro de la propiedad intelectual. Responsables: (GP, VV, IA); Participantes: (todos). O3.2. [\(Pendiente de realizar\)](#).

PT6: Implicaciones docentes

A6.1: Preparación de material docente (documentación, ejercicios, prácticas) para las asignaturas: Ingeniería del Conocimiento (Grado Ingeniería del Software), incluyendo métodos de extracción del conocimiento y Visión por Computador (Máster Ingeniería de Sistemas y Control). Responsable: (GP); Participantes: (SP, JD, JG, MH, JH). Objetivos: O4.1, O4.2. [\(Marzo 2020- Mayo 2020\)](#).

A6.2: Preparación de material docente en la asignatura Clínica odontológica Integrada. Responsables: (VV, IA); Participantes: (EG, MP, DA). Objetivos: O4.1, O4.2. [\(Septiembre 2019- Mayo 2020\)](#).

H6.1: material disponible en el Campus Virtual.

A6.3 y H6.2: someter las asignaturas previas a DOCENTIA. [\(Pendiente de realizar\)](#).

NOTA 1: En el curso 2020-2021, los estudiantes del curso 2019-2020 (Covid-19), que está finalizando y actualmente en 4º curso, que pasen a 5º curso en la disciplina de clínica odontológica integrada realizarán las actividades sobre pacientes mediante la implementación de las herramientas, DIAGNOdent y la de Inteligencia Artificial, con los conocimientos adquiridos en el curso-Covid 19.

NOTA 2: El proyecto actual se ha realizado en sus distintas fases, todos los estudiantes manejaron las herramientas mencionadas, aunque limitado a un número determinado de pacientes debido a las restricciones impuestas por la Pandemia Covid-19.

6.- ANEXO: PUBLICACIÓN en revista ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MEDICINE

Publicación de artículo en revista especializada indexada en JCR (Q1 en 2020).

Artificial Intelligence In Medicine 103 (2020) 101816



Contents lists available at ScienceDirect

Artificial Intelligence In Medicine

journal homepage: www.elsevier.com/locate/artmed



Automatic computation of mandibular indices in dental panoramic radiographs for early osteoporosis detection



Ignacio Aliaga^{a,*}, Vicente Vera^a, María Vera^a, Enrique García^a, María Pedrera^b, Gonzalo Pajares^c

^a Dept. of Conservative Dentistry and Prosthesis, Faculty of Dentistry, Complutense University, Madrid, Spain

^b Hospital Clínico San Carlos, Complutense University, Madrid, Spain

^c Instituto del Conocimiento (Knowledge Institute), Complutense University, Madrid, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:
Intelligent image segmentation
Computer vision
Artificial intelligence
Mandibular indices
Mandibular bony structures
Dental panoramic radiographs
Osteoporosis

ABSTRACT

Atm: A new automatic method for detecting specific points and lines (straight and curves) in dental panoramic radiographies (orthopantomographs) is proposed, where the human knowledge is mapped to the automatic system. The goal is to compute relevant mandibular indices (Mandibular Cortical Width, Panoramic Mandibular Index, Mandibular Ratio, Mandibular Cortical Index) in order to detect the thinning and deterioration of the mandibular bone. Data can be stored for posterior massive analysis.

Methods: Panoramic radiographies are intrinsically complex, including: artificial structures, unclear limits in bony structures, jawbones with irregular curvatures and intensity levels, irregular shapes and borders of the mental foramen, irregular teeth alignments or missing dental pieces. An intelligent sequence of linked imaging segmentation processes is proposed to cope with the above situations towards the design of the automatic segmentation, making the following contributions: (i) Fuzzy K-means classification for identifying artificial structures; (ii) adjust a tangent line to the lower border of the lower jawbone (lower cortex), based on texture analysis, grey scale dilation, binarization and labelling; (iii) identification of the mental foramen region and its centre, based on multi-thresholding, binarization, morphological operations and labelling; (iv) tracing a perpendicular line to the tangent passing through the centre of the mental foramen region and two parallel lines to the tangent, passing through borders on the mental foramen intersected by the perpendicular; (v) following the perpendicular line, a sweep is made moving up the tangent for detecting accumulation of binary points after applying adaptive filtering; (vi) detection of the lower mandible alveolar crest line based on the identification of inter-teeth gaps by saliency and interest points feature description.

Results: The performance of the proposed approach was quantitatively compared against the criteria of expert dentists, verifying also its validity with statistical studies based on the analysis of deterioration of bone structures with different levels of osteoporosis. All indices are computed inside two regions of interest, which tolerate flexibility in sizes and locations, making this process robust enough.

Conclusions: The proposed approach provides an automatic procedure able to process with efficiency and reliability panoramic X-Ray images for early osteoporosis detection.