

27

LA ROBOTICA Y SU USO EN LAS DIFERENTES ESPECIALIDADES DE LA ODONTOLOGÍA, REVISIÓN SISTEMÁTICA

USE OF ROBOTICS IN THE DIFFERENT SPECIALTIES OF DENTISTRY, SYSTEMATIC REVIEW

Nathalie Steffy Ponce Reyes¹

E-mail: ui.nathaliepr73@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1396-1236>

Myrian Margarita Grijalva Palacios¹

E-mail: ui.miryangp00@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0786-7200>

Jonathan Armando Yanza Freire¹

E-mail: docentetp79@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8645-3179>

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ponce Reyes, N. S., Grijalva Palacios, M. M., & Yanza Freire, J. A. (2022). La robótica y su uso en las diferentes especialidades de la odontología, revisión sistemática. *Revista Conrado*, 18(S2), 250-260.

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan las innovaciones de la tecnología robótica para mejorar las técnicas de atención odontológica. Se emplea la investigación documental, los datos se recolectaron mediante un registro descriptivo y se analizaron con la técnica del análisis de contenido. En el análisis bibliométrico se realiza la búsqueda en tres bases de datos académicas, las cuales fueron Scopus, Pubmed y Scielo. Los resultados indican que si bien hay avances significativos en el campo de la robótica aplicada a la odontología; se debe profundizar en la investigación en las distintas especialidades como es en Cirugía Maxilo Facial, ortodoncia e implantología para avalar las ventajas y rentabilidad de los sistemas robóticos en estas áreas tan particulares, pero las limitaciones más relevantes para la odontología robótica, es el elevado costo que estos tienen, y la deficiencia de las capacidades de aprendizaje. La Odontología Robótica utiliza un Control Numérico por Computador (CNC). Esta área tiene muchos años de desarrollo en el área militar y la industria automotriz, metal-mecánica, diseño industrial y recientemente se ha popularizado la aplicación de esta en la Odontología por la facilidad de tener control de calidad de los procesos, tratamientos y restauraciones que realizamos en los pacientes.

Palabras clave:

Odontología, robótica, tecnología, tratamiento dental

ABSTRACT

This paper presents the innovations of robotic technology to improve dental care techniques. Documentary research is used, the data were collected by means of a descriptive register and analyzed with the content analysis technique. In the bibliometric analysis a search was made in three academic databases, which were Scopus, Pubmed and Scielo. The results indicate that although there are significant advances in the field of robotics applied to dentistry, further research is needed in the different specialties such as maxillofacial surgery, orthodontics and implantology in order to guarantee the advantages and profitability of robotic systems in these particular areas, but the most relevant limitations for robotic dentistry are the high cost and the deficiency of learning capabilities. Robotic Dentistry uses Computer Numerical Control (CNC). This area has many years of development in the military area and the automotive industry, metal-mechanics, industrial design and recently it has become popular in dentistry because of the ease of quality control of the processes, treatments and restorations that we perform in patients.

Keywords:

Dentistry, robotics, technology, dental treatment

INTRODUCCIÓN

Mediante la utilización de la odontología digital y la robótica en el consultorio, permite llevar a cabo de 100% de los procesos y tratamientos que se manejan en las consultas, mediante las mismas es posible reemplazar herramientas como el alginato con los que se toman los moldes, además del uso del escáner intraoral, el cual reemplaza el material que se utiliza y los sabores raros, ya que sólo se usa una cámara para escanear la boca del paciente y este permite verla en la pantalla del computador. Desde la primera cita se realizan escaneos para formar una base de datos del paciente para comparar los escaneos y detectar cambios en la posición de los dientes y en la mordida; también se pueden realizar Ortodoncias Invisibles.

No se puede perder de vista que la seguridad del paciente y su experiencia son los enfoques principales de la Odontología, especialmente cuando se trata de cirugía de implantes. Se puede deducir fácilmente que la robótica es esencial a la hora de proporcionarles los mejores resultados funcionales y estéticos posibles. Por lo que lo deseable es que las implementaciones robóticas y las mejoras en los procedimientos, a medida que avanza el tiempo, se conviertan en estándar en el sector dental. (Kasimoglu, et al., 2020)

Existe igualdad de criterio en cuanto a la utilización de la robótica en la medicina, esta ha sido de gran ayuda, pero nadie ha podido suplantar el trabajo humano. Especial en esta rama donde la sensibilidad y temores de los pacientes al acudir al dentista, harían imposible que llegara a sentarse en el sillón y empezara a interactuar con una máquina, por lo que los factores emocionales que un médico puede entender, la empatía, la compasión, por ejemplo, no han encontrado todavía formas de ser programadas por un robot.

Los profesionales de la salud oral, sin embargo, coinciden en que, si bien no reemplaza el trabajo del dentista, los robots en esta especialidad pueden convertirse en una ayuda enorme, al dar asistencia, para lograr precisión en tratamientos como empastes dentales, coronas, o implantes. Los mismos como herramientas y ayudantes vanguardistas ya están en algunos consultorios dentales, permitiendo que los pacientes se familiaricen con la nueva tecnología y que los médicos también se adapten a su uso continuo.

El uso de robots en las clínicas dentales, en la función de los asistentes dentales, puede contribuir en uno de los paradigmas más importantes para la odontología robótica. Quien fue el primero en crear una asistente dental fue Jenkins en 1967, y gracias a este descubrimiento se han hecho realidad varias aplicaciones de robots

en odontología. Los dentistas pueden experimentar un agotamiento físico y mental después de horas de trabajo y de procedimientos exigentes en posiciones ergonómicamente difíciles, lo que puede atribuir a errores muy graves en el historial clínico como en el examen oral, el diagnóstico de enfermedades y la planificación del tratamiento. También existe un déficit general en torno a los trabajos diarios de rutina, como son la desinfección y esterilización de instrumentos y superficies en la clínica dental. Li J., Liu, & Wang (2020)

Mediante la tecnología digital en la odontología que utilice diferentes softwares y que estos sean compatibles con la robótica contribuye a disminuir los errores en la calidad y la cantidad de la atención al paciente. Los Robots además de servir como asistentes dentales, también se usa la navegación 3D procedimientos dentales invasivos, como la preparación de dientes y la colocación de implantes dentales. Los sistemas robóticos también son de una gran utilización en la educación. La robótica forma el conocimiento de los estudiantes de odontología con la ejecución de software de cuerpo entero, la tecnología de interfaz óptica y la simulación avanzada puede enseñar las necesidades básicas de aprendizaje antes de la interacción con pacientes reales.

La Odontología Digital no puede subsistir sin la Odontología Robótica, ya que siempre van de la mano. En el procedimiento, con una se digitaliza la boca de nuestros pacientes y con la Robótica, llevamos a la vida real todo lo que tenemos en la pantalla de la computadora por medio de un software de modelación y diseño.

En la cirugía médica, son empleados diferentes tipos de robots. El más conocido se denomina robot "Da Vinci", creado en Estados Unidos. Según datos recolectados por Intuitive en 2019, hay más de 5500 sistemas en uso clínico en todo el mundo y se han realizado más de 7 millones de casos quirúrgicos. El robot es un sistema maestro-esclavo, los movimientos de la mano de un cirujano lo realiza el robot y se reproducen a menor escala, principalmente en lugares de difícil acceso. (P.S, 2020) El robot Da Vinci es utilizado por los cirujanos de cabeza y cuello, por ejemplo, la cirugía robótica transoral y las disecciones de cuello. En odontología, en el año 2001 se crea el robot más conocido, es el robot doblador de arcos del sistema de ortodoncia Suresmile. Desde entonces, la tecnología robótica abre una brecha de conocimientos en otras especialidades de la odontología como, por ejemplo, en la odontología Estética–Restauradora. Diferentes sistemas robóticos se han comercializado para el uso odontológico general, como el robot 'Yomi', utilizado en la especialidad de implantología. Por lo cual, es muy difícil que el odontólogo general esté en la vanguardia de los

avances tecnológicos y de su nivel científico. La tecnología robótica es un campo científico que se va desarrollando de manera muy rápida y a gran escala. Con el reciente descubrimiento de robots más sofisticados en cuanto a su ejecución e inteligencia, existe un vínculo más cercano entre humanos y robots, cabe esperar que se introduzcan nuevas iniciativas de tecnología robótica en odontología. En el caso de la tecnología robótica en la cirugía oral y maxilofacial existe una amplia revisión sistemática de la literatura, pero, por lo que saben los autores, falta una visión general sistemática de las iniciativas y ejecuciones en odontología. (P.S, 2020)

Ventajas de la tecnología robótica en la odontología.

- Reducción del número de intervenciones quirúrgicas y de su duración
- Simulaciones de las cirugías que se va a practicar antes de su realización ,permitiendo una gran precisión .
- Ahorro de costes y reducción del tiempo empleado.
- Adaptación marginal más exacta que garantiza su desempeño a largo plazo.
- Rapidez de fabricación en el laboratorio.
- Mejor planificación de la intervención, ya que se conoce con exactitud donde será colocado el implante.
- Restauración natural y estética de alta calidad sin comprometer la resistencia.

Situación problemática: Incluir desde la etapa estudiantil el acceso y las posibilidades de realizar prácticas a los estudiantes de la carrera de odontología en el uso de las nuevas tecnologías robóticas que formaran partes de las consultas en los diferentes escenarios.

Objetivos principales:

- Incluir en los planes de estudios de los estudiantes de las carreras de odontología una asignatura vinculada al uso de la tecnología robótica en dicha especialidad.
- Mayor divulgación a través de las redes sociales y plataformas digitales sobre el uso de las nuevas tecnologías robóticas medicas que permitan la familiarización del paciente con las mismas.
- El apoyo del gobierno y del ministerio de salud para generalizar el uso de estas herramientas de trabajo adaptadas a las diferentes especialidades de la odontología.

La inclusión de la robótica y la simulación en las actividades de grado y posgrado beneficiara a los estudiantes docentes y profesionales odontólogos. Aplicar técnicas y la realización de clases prácticas a una maqueta que simule a un paciente real estimula a los estudiantes a efectuar un mejor trabajo y perder el miedo una vez que

se ejerza su profesión. Por parte del gobierno y las instituciones públicas se deben financiar este tipo de servicios para generalizarlos en el país.

Las modificaciones en la actualización y en la adopción de nuevas tecnologías es actualmente un desafío para las instituciones educativas La aceleración de los procesos de aprendizaje y la mejora continua en el caso de los estudiantes de postgrado es sumamente importante no solo para la sociedad sino para todas las personas que acuden a las instituciones de salud en busca de ayuda y novedosos tratamientos.

La robótica educativa se basa en la utilización de diversos dispositivos diseñados especialmente para el aula. Se fomenta el aprendizaje de numerosas disciplinas a través de una formación práctica, en la que los estudiantes trabajaran de manera real a través de la experimentación. Se podrán realizar un sinnúmero de proyectos donde no solo se asimilaran conceptos matemáticos, físicos, mecánicos e informáticos sino que dotara a los actuales estudiantes y futuros profesionales de todas las habilidades para brindar una mejor atención médica y especializada a cada paciente. (Ramírez, et al., 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Métodos teóricos

- Método analítico sintético: el método analítico permite la descomposición del todo en aspectos específicos para entender y comprender la estructura; facilitó la observancia para comprender mejor los componentes. En este contexto este método implica la síntesis, es decir la unión de los elementos dispersos para conformar un componente total.
- Método inductivo deductivo: este método de investigación permite un razonamiento lógico. Mientras el método inductivo parte de premisas específicas para llegar a aspectos generales, el método deductivo es lo opuesto, pues parte de lo genérico hasta llegar a los aspectos particulares. Sin embargo, ambos métodos son esenciales en la construcción del conocimiento.
- Método histórico lógico: estos métodos permiten la construcción de la investigación a partir de los elementos históricos que construyen la investigación para comprender los elementos esenciales de la misma y su evolución histórica (Hernández Fernández, & Baptista, 2006).

Métodos empíricos:

- Entrevistas: se aplicará a los profesionales de derecho y profesores que integrarán la muestra, con el objetivo

de conocer sus puntos de vista y experiencia respecto a la problemática a analizar. Así como arribar a conclusiones que permitan ofrecer soluciones al respecto.

- Observación: para comprobar cómo se comporta el fenómeno objeto de la investigación. Se pretende realizar una observación de campo.
- Encuestas: se elaboró una encuesta que se aplicó a los profesionales de derecho y profesores que conformaron la muestra.

Métodos para el procesamiento de información:

IADOV

La técnica de V.A. Iadov en su versión original fue creada por su autor para el estudio de la satisfacción por la profesión en carreras pedagógicas. Esta técnica fue utilizada para evaluar la satisfacción por la profesión en la formación profesional pedagógica y explicada la metodología para su utilización. Está conformada por cinco preguntas: tres cerradas y 2 abiertas. Constituye una vía indirecta para el estudio de la satisfacción, ya que los criterios que se utilizan se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres preguntas cerradas que se intercalan dentro de un cuestionario cuya relación el sujeto desconoce. Estas tres preguntas se relacionan a través de lo que se denomina el “Cuadro Lógico de Iadov”. Las preguntas no relacionadas o complementarias sirven de introducción y sustento de objetividad al encuestado que las utiliza para ubicarse y contrastar las respuestas. El número resultante de la interrelación de las tres preguntas indica la posición de cada sujeto en la escala de satisfacción (Alfredo Cacpata, et al., 2019). (Tabla 1, 2) (Figura 1)

Tabla 1. Sistema de evaluación para los expertos

Categoría		Puntuación	
A	Claramente satisfecho(a)	3	(+1)
B	Más satisfecho(a) que insatisfecho(a)	2,3	(+0,5)
C	No definido	1.5	(0)
D	Más insatisfecho(a) que satisfecho(a)	1	(-0,5)
E	Claramente insatisfecho(a)	0	(-1)
C	Contradictorio(a)	2	(0)

Fuente: Es la escala de satisfacción. (Alfredo Cacpata, et al., 2019).

Tabla 2. Cuadro Lógico de IADOV

	1ª pregunta								
	Si			No sé			No		
	2ª pregunta								
	Si- No sé-No			Si- No sé-No			Si- No sé-No		
3ª pregunta									
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
Me gusta más de lo que me disgusta	2	3	3	2	3	3	6	3	6
Me es indiferente	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Fuente: (Alfredo Cacpata, et al., 2019).

El índice de satisfacción grupal (ISG) se obtiene utilizando la fórmula siguiente:

$$ISG = \frac{A(+1) + B(+0.5) + C(0) + D(-0.5) + E(-1)}{N} \quad (1)$$

Donde: N es la cantidad total de encuestados y las letras corresponden a la cantidad de encuestados en las categorías que se indican en la tabla 1.

El índice de satisfacción grupal puede oscilar entre [-1;1], dividido en las categorías siguientes:



Figura 1. Categorías de satisfacción

Figura 1. Categorías de satisfacción

Fuente: (Alfredo Cacpata, et al., 2019).

Mapas Cognitivos Difusos

Los Mapas Cognitivos Difusos se extienden en el intervalo [-1,1] para indicar la fuerza de las relaciones causales. Permiten expresar las relaciones causales entre variables, donde a cada arista se le asocia un peso en el conjunto, donde 0 significa que no hay relación causal entre las variables, -1 significa que la relación causal es inversa (si una variable aumenta la otra disminuye y viceversa), y 1 significa que existe una relación causal directa (ambas variables aumentan o ambas disminuyen)

Estos tres valores no capturan la incertidumbre que existe en estas relaciones causales, es por ello que surgen los Mapas Cognitivos Difusos, donde al conjunto anterior de pesos se le introduce una gradación que se define en el intervalo continuo [-1,1]. Un MCD se puede representar a través de un grafo dirigido ponderado. Una matriz de adyacencia es construida a partir de los valores asignados a los arcos generalmente de forma numérica (Kosko, 1986; Leiva, Del Pozo, & Peñafiel, 2022; Ramírez Pérez, et al., 2016)

En los MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos:

- Causalidad positiva (> 0): Indica una causalidad positiva entre los conceptos y y x , es decir, el incremento (disminución) en el valor de x lleva al incremento (disminución) en el valor de y .
- Causalidad negativa (< 0): Indica una causalidad negativa entre los conceptos y y x , es decir, el incremento (disminución) en el valor de x lleva la disminución (incremento) en el valor de y .
- No existencia de relaciones ($= 0$): Indica la no existencia de relación causal entre y y x .

En este artículo desarrollará el cálculo de la siguiente manera:

1. Selección de las causales relevantes.
2. Elaboración de la matriz de adyacencia.

3. Análisis estático: se calculan para los valores absolutos de la matriz de adyacencia:

- **Outdegree**, denotado por $od(v_i)$, que es la suma por cada fila de los valores absolutos de una variable de la matriz de adyacencia difusa. Es una medida de la fuerza acumulada de las conexiones existentes en la variable.
- **Indegree**, denotado por $id(v_i)$, que es la suma por cada columna de los valores absolutos de una variable de la matriz de adyacencia difusa. Mide la fuerza acumulada de entrada de la variable.
- La **centralidad** o **grado total**, de la variable es la suma de $od(v_i)$, con $id(v_i)$, como se indica en la fórmula 1

Formula 1

$$td(v_i) = od(v_i) + id(v_i) \quad (1)$$

Finalmente, las variables se clasifican según el criterio siguiente:

- a. Las **variables transmisoras** son aquellas con $od(v_i) > 0$ e $id(v_i) = 0$.
- b. Las **variables receptoras** son aquellas con $od(v_i) = 0$ y $id(v_i) > 0$.
- c. Las **variables ordinarias** satisfacen a la vez $od(v_i) \neq 0$ y $id(v_i) \neq 0$.

Se ordenan de manera ascendente acorde al grado de centralidad.

Cuando participa un conjunto de individuos (k), la matriz de adyacencia se formula a través de un operador de agregación, como por ejemplo la media aritmética. El método más simple consiste en encontrar la media aritmética de cada una de las conexiones para cada experto. Para k expertos, la matriz de adyacencia del MCD final (E) es obtenida como, formula 2:

Formula 2

$$E = \frac{(E_1 + E_2 + \dots + E_k)}{k} \quad (2)$$

Esta facilidad de agregación permite la creación de modelos mentales colectivos con relativa facilidad.

Proceso Analítico Jerárquico

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue propuesto por Thomas Saaty en 1980. Es uno de los métodos más extendidos para resolver problemas de toma de decisiones de múltiples criterios. Esta técnica modela el problema que conduce a la formación de una jerarquía representativa del esquema de toma de decisiones asociado.

Esta jerarquía presenta en el nivel superior el objetivo que se persigue en la solución del problema y en el nivel inferior se incluyen las distintas alternativas a partir de las cuales se debe tomar una decisión. Los niveles intermedios detallan el conjunto de criterios y atributos considerados (Noura & Elhoseny, 2021).

Algunos autores plantean que el AHP no ha sido bien comprendido, ya que va más allá de ser una simple metodología para situaciones de elección. Se plantea entonces, que la mejor manera de entender el método es describiendo sus tres funciones básicas: estructurar la complejidad, medir en una escala y sintetizar. A continuación, se describen éstas de una manera breve.

- Estructuración de la Complejidad. Saaty buscó una manera para resolver el problema de la complejidad, y utilizó la estructuración jerárquica de los problemas en sub-problemas homogéneos.
- Medición en escalas. El AHP permite realizar mediciones de factores tanto subjetivos como objetivos a partir de estimaciones numéricas, verbales o gráficas, lo cual le provee una gran flexibilidad, permitiendo esto, gran variedad de aplicaciones en campos tan distintos unos de otros.
- Síntesis. Aunque el nombre incluya la palabra Análisis, el enfoque del AHP es totalmente sistémico, ya que, aunque analiza las decisiones a partir de la descomposición jerárquica, en ningún momento pierde de vista el objetivo general y las interdependencias existentes entre los conjuntos de factores, criterios y alternativas, por lo tanto, este método está enfocado en el sistema en general, y la solución que presenta es para la totalidad, no para la particularidad.

El proceso se basa en varias etapas. La formulación del problema de la toma de decisiones en una estructura jerárquica es la primera y principal etapa. Esta etapa es donde el tomador de decisiones debe desglosar el problema en sus componentes relevantes. La jerarquía básica está compuesta por: metas u objetivos generales, criterios y alternativas (Leyva Vazquez, et al., 2021). La jerarquía está construida de manera que los elementos sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos del siguiente nivel. (Figura 2, 3)

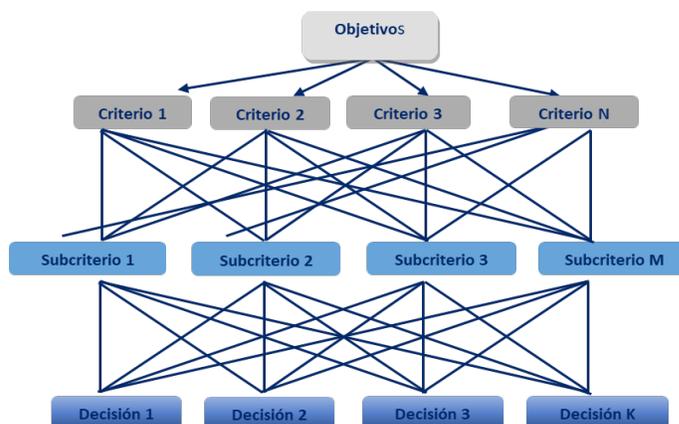


Figura 2. Esquema de un árbol genérico que representa un proceso de jerarquía analítica.

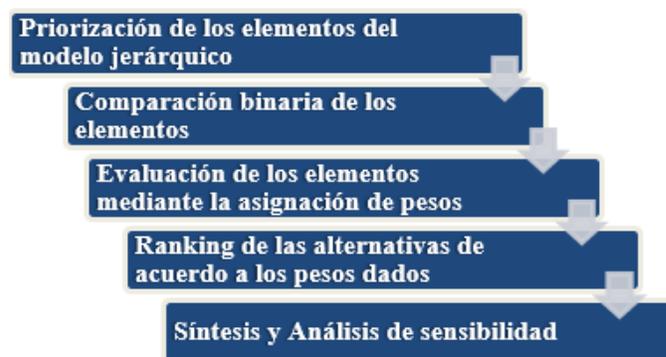


Figura 3. Metodología AHP de Saaty

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Escala de evaluación de Saaty (Tasa juicio verbal)

Para el paso 1 se utilizará la siguiente escala de evaluación propuesta por el autor del método:

Escala	
9. Extremadamente más preferido	3. Moderadamente más preferido
7. Muy poderosamente más preferido	1. Igualmente preferido
5. Poderosamente más preferido	

Fuente: Saaty (Saaty, 2008)

A continuación, se presenta un algoritmo para el cálculo de éste (este debe aplicarse para todos los criterios):

- Para cada línea de la matriz de comparación por pares determinar una suma ponderada con base a la suma del producto de cada celda por la prioridad de cada alternativa o criterio correspondiente

- Para cada línea, dividir su suma ponderada por la prioridad de su alternativa o criterio correspondiente
- Determinar la media λ_{max} del resultado de la etapa anterior
- Calcular el índice de consistencia (CI) para cada alternativa o criterio: Formula 3

$$CI = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1} \quad (1)$$

Donde m es el número de alternativas

- Determinar el Índice Aleatorio (IA) de la tabla 2
- Determinar el índice de cociente de consistencia (la razón entre el índice de consistencia y el índice aleatorio)

Tabla 4. Índice aleatorio para el cálculo del coeficiente de consistencia

Número de alternativas para la decisión n	Índice aleatorio	Número de alternativas para la decisión n	Índice aleatorio
3	0,58	7	1,32
4	0,9	8	1,41
5	1,12	10	1,49
6	1,24		

Descripción de la metodología

Se realizó una investigación descriptiva, cuasi-experimental con metodología mixta, cualitativa y cuantitativa.

Se aplicaron encuestas y entrevistas a:

- Profesionales de odontología recién graduados de varias universidades en el Ecuador.
- Profesores de varias instituciones universitarias y de colegios médicos.

Para dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación se siguieron los siguientes pasos:

1. Entrada de datos.

Las fuentes de información empleadas en el estudio fueron: los aportados por los profesionales que formaron la muestra, resultantes de las entrevistas y encuestas.

Entrevistas: las entrevistas se realizaron a un grupo de profesionales de la educación, que se encuentran activos y trabajando en varios niveles de enseñanza vinculados con la carrera de Odontología.

2. Aplicar encuesta y entrevista.

La encuesta elaborada pretende evaluar el nivel de satisfacción de los profesionales respecto al tratamiento y

seguimiento que se le da al tema de la el uso de la robótica como herramienta en las diferentes especialidades de la Odontología.

3. Procesamiento de la información:

Para el procesamiento de la información se utilizó el sistema de procesamiento estadístico profesional y el análisis cualitativo de los mismos. Los resultados se expresarán en porcentos y se exponen en tablas para la interpretación de los datos arrojados durante el desarrollo de la investigación.

Además del Método ladov para la interpretación de las encuestas.

Los Mapas Cognitivos Difusos para analizar la repercusión a nivel psicológico y educativo de los factores derivados de la tenencia compartida

El método AHP para el análisis de las propuestas de solución al tema tratado

4. Enunciar resultados.

5. Recomendar posibles soluciones al tema a tratar, para lo cual se empleó el método

La tecnología es muy importante en la medicina no solo por el desarrollo de muchas herramientas sino también por los beneficios que traen consigo, como el aumento de la accesibilidad a la asistencia médica y el incremento de la esperanza y calidad de vida de las personas .Los avances tecnológicos impactan directamente en el avance de la sociedad y mediante su desarrollo promueve la creación de fármacos y tratamientos mejorando las investigaciones y simplificando los procesos.(Wu, et al., 2019) De hecho las inversiones en la industria de la salud digital han aumentado considerablemente en los últimos años.

La medicina y los avances tecnológicos suelen ir de la mano, lo que permiten transformar esta industria a través de tecnologías como la inteligencia artificial. Gracias a esto actualmente existen dispositivos muy pequeños que ayudan a medir y cuidar la salud, numerosos robots ayudan a los médicos a realizar grandes y complicadas cirugías a distancia con una precisión incalculable y minimizando el desgaste físico de los mismos.

El robot de implantología “Yomi” desarrollado en Estados Unidos, se comercializa como el primer y único dispositivo robótico utilizado para la cirugía dental, incluida la implantología. La búsqueda en las tres bases de datos dio como resultado un artículo que cumplía con los criterios de inclusión y se refería principalmente como estaban configurados y sobre su uso en cada especialidad. Los datos científicos fidedignos que respaldan la

funcionalidad de los sistemas robóticos disponibles en el mercado en odontología parecen muy limitados en términos a la práctica clínica. Por lo tanto, los autores recomiendan enfatizar las publicaciones de investigaciones bien diseñadas y aplicadas que respalden el uso de estos ejemplos robóticos innovadores y vanguardistas en el campo de la odontología. (Ren, et al., 2018)

La mayoría coincide en que, si bien desde hace años la utilización de la robótica en la medicina ha sido de gran ayuda, aun nadie ha podido suplantar el trabajo humano. En especial en esta rama donde la sensibilidad y temores de los pacientes al acudir al dentista, harían imposible que llegara a sentarse en el sillón y empezara a interactuar con una máquina. (Araie, et al., 2018)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aplicó una encuesta, como se mencionó anteriormente, a dos grupos diferentes, uno compuesto por profesionales de Odontología recién graduados y profesores universitarios de dicha especialidad. Con un total de 120 participantes.

Estimado(a)

Como parte de un proceso investigativo hemos elaborado la presente encuesta, con el fin de conocer su apreciación y experiencia sobre el tratamiento al tema del uso de la robótica en las diferentes especialidades de la Odontología.

Le notificamos que esta encuesta es completamente anónima, los datos obtenidos en la misma serán procesados para fines investigativos. Agradecemos su contribución al desarrollo del presente estudio.

- ¿Considera usted que como parte de la educación que se imparte en la carrera de Odontología se debe incluir la robótica como herramienta para la realización de clases prácticas?
 Sí No
- ¿Considera usted que se garantiza este tipo de prácticas en todos los sectores educativos tanto privados como públicos?
 Sí No
- ¿Cómo considera que ha sido su experiencia en los casos donde existe diferencias de sectores educativos entre estudiantes?
 Excelente Buena Regular
 Mala.
- ¿Le satisface a usted el seguimiento y tratamiento que le da el gobierno a la educación en todo el país ?

Clara satisfacción Más satisfecho que insatisfecho

No definido Más insatisfecho que satisfecho

Clara insatisfacción Contradictorio

- ¿Considera usted que la utilización de estas herramientas novedosas forma parte de política pública aplicable para todas las instituciones públicas y colegios médicos del país?

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 5. Distribución de la muestra según niveles de satisfacción

Escala de satisfacción	Profesionales de Odontología	%	Profesores	%
Clara satisfacción	8	13%	7	12%
Más satisfecho que insatisfecho	11	18%	13	22%
No definido	5	8%	4	7%
Más insatisfecho que satisfecho	34	57%	21	35%
Clara insatisfacción	2	3%	15	25%
Contradictorio	0	0%	0	0%
Total	60	100%	60	100%

Fuente: encuestas.

Realizando un análisis de los resultados de la encuesta se pudo conocer que el grupo de los Profesionales de la Educación muestra en su mayoría con un 57% más insatisfacción que satisfacción, respecto al tratamiento del sistema educacional en el país y de las diferencias abismales existentes entre sectores sociales y clases sociales, un pequeño y poco representativo número de estos evidencia satisfacción, debido a que los procesos en este tipo se suelen demorar por múltiples causas, pero según su criterio la falta de apoyo y financiamiento por parte del gobierno y el ministerio de salud hacen más notables y significativas estas diferencias en cada institución educativa, trayendo como consecuencia la limitación de los estudiantes en el trabajo y la familiarización con las nuevas tecnologías que actualmente circulan en todo el mundo.

En el caso de los profesores encuestados, a pesar de que estos no conocen exactamente como se realizan por parte del gobierno el tratamiento igualitario para los sectores públicos y privados, manifiestan insatisfacción con los resultados y seguimientos que se observan luego en las conductas y comportamiento de los estudiantes una vez que se convierten en profesionales y se dirigen

a desempeñar su especialidad trabajando directamente con la población.

A los profesores que conformaron la muestra, se les solicitó brindar su percepción respecto a la influencia que en los estudiantes causa así como en su desarrollo psicológico, no poder recibir en como parte de los programas educativos practicas robóticas ya que estas están centralizadas en un pequeño grupo de universidades y colegios privados.

Se pudo conocer que los estudiantes con diferencias sociales generalmente presentan:

- A. Dificultades en la concentración.
- B. En algunos casos elevado índice de ausentismo (debido a que por sus limitados recursos no pueden acceder a estas instituciones)
- C. Incumplimiento de las clases prácticas por no tener las herramientas necesarias.
- D. Signos de ansiedad y tristeza.
- E. Inconsistencia de métodos educativos.
- F. Timidez a la hora de atender a sus pacientes.
- G. Dificultades en las relaciones con sus iguales.
- H. Manifestaciones de inseguridad cuando se emite un diagnóstico o se practica una técnica de salud.

Estas alteraciones fueron las expresadas por la mayoría de los profesores y llevadas a votación para ser seleccionadas como las más generales.

Para un mejor análisis se realizó una interpretación de estos factores a través de los Mapas Cognitivos difusos. Resultando lo siguiente, figura 4

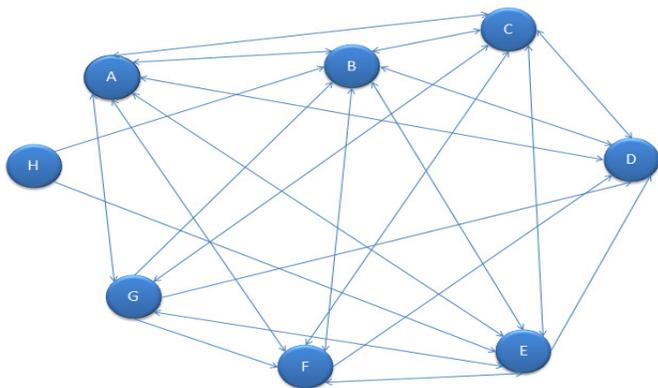


Figura 4. Mapa Cognitivo Difuso.

Fuente: El mapa corresponde a las relaciones causales entre los factores identificados en la consulta a expertos. Nota: Elaboración propia.

$$E(x) = \begin{bmatrix} 0 & 0.7 & 0.6 & 0 & 0.5 & 0.6 & 1 & 0.6 \\ 0.6 & 0 & 0.8 & 0.8 & 0.5 & 0.9 & 1 & 0.5 \\ 0.6 & 0.8 & 0 & 0.8 & 0 & 0.9 & 0.3 & 0.7 \\ 0.5 & 0.6 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0.5 \\ 0.9 & 1 & 0.9 & 0.8 & 0 & 1 & 0.9 & 0.8 \\ 0.9 & 1 & 0.5 & 0.5 & 0.6 & 0 & 0 & 0.5 \\ 0 & 0.5 & 0.9 & 1 & 0.5 & 0.2 & 0 & 0.7 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0.5 & 0.7 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 5. Matriz de adyacencia E(x)

Tabla 5. Análisis estático del MCD y clasificación de las variables

Nodos	od	id	td	Clasificación de variables
A	4.7	3.8	8.5	Ordinaria
B	3.2	4.4	7.6	Ordinaria
C	2.1	3.4	5.5	Ordinaria
D	1.6	5.3	6.9	Ordinaria
E	6	2.6	8.6	Ordinaria
F	4	3.3	7.3	Ordinaria
G	3.5	2.7	6.2	Ordinaria
H	0.4	0	0.4	Ordinaria

La tabla se realiza aplicando las ecuaciones 1 y 2 así como la clasificación expuesta en el epígrafe 2.

Resultando que el orden de importancia de los factores será el siguiente:

Como se pudo observar, a través de este análisis, así como en los resultados expuestos, cuando se activa el nodo E, se activan todos los demás nodos, lo que significa que la dimensión: E: traducida en: Inconsistencia de métodos educativos, ocasionará gran influencia en los demás nodos identificados en los otros vértices, tendrá una influencia negativa debido a la relación causal con los índices negativos (si E aumenta entonces A, B, F, D, G, y C aumentarán de la misma manera).

El objetivo de aplicación de este método era conocer qué orden de importancia tendrán los factores a tener en cuenta para establecer de forma adecuada la propuesta de soluciones al tema objeto de estudio. El estudio demostró que es necesario trabajar fundamentalmente con el gobierno y el ministerio de salud, para evitar que exista la inconsistencia de métodos educativos en los estudiantes, pues esto ocasiona la presencia de todos los demás factores antes mencionados en el análisis.

Teniendo en cuenta estos resultados, se pudo comprobar que es una necesidad real el uso de la robótica como herramienta para el desarrollo de las clases prácticas durante los estudios de grado y posgrados de la carrera

de Odontología. Permitiendo a través de ella que los futuros profesionales se sientan más seguro a la hora de ejercer su profesión ,emitir diagnósticos y realizar diversos tipos de técnicas y operaciones.

Como propuesta de solución, se solicitaron criterios a los integrantes de la muestra, a través de tormenta de ideas se llegaron a consensos y se plantearon las siguientes alternativas propuestas:

1. Trabajar de manera integral entre el gobierno y las instituciones educativas y de salud
2. Realizar actividades educativas con los estudiantes para brindarles información sobre el uso de la robótica como herramienta.
3. Unificar el trabajo en equipo durante el acceso a estas tecnologías para que sea más flexible y pueda llegar a todos los estudiantes de manera simple y precisa.
4. Realizar grupos de debate luego de la utilización de esta tecnología para discutir posibles errores cometidos durante el proceso.
5. Capacitar a los profesores en el trabajo con estas nuevas herramientas y mantenerlos actualizados en correspondencia a el resto del mundo.
6. Realizar actividades en el grupo que les permita una adecuada relación e inclusión grupal.

Tabla 6. Matriz de comparación por pares de los criterios

Criterios	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	0	3/5	4/5	2/3	8/9	4/5
A2	0.8	0	2/3	1/5	8/9	8/9
A3	0.3	0.6	0	1/2	2/3	1/2
A4	0.5	0.6	0.5	0	1	1/2
A5	0.4	0.4	0.5	0.2	0	2/3
A6	0.5	0.5	0.7	0.3	0.44	0
Suma	2.50	2.70	3.20	1.90	3.94	3.40

Fuente: consulta a expertos. Nota: elaboración propia.

Tabla 7. Matriz normalizada

Criterios	A1	A2	A3	A4	A5	A6	PESO
A1	0.00	0.22	0.25	0.37	0.23	0.24	0.22
A2	0.32	0.00	0.22	0.11	0.23	0.26	0.19
A3	0.12	0.22	0.00	0.26	0.18	0.15	0.16
A4	0.20	0.22	0.16	0.00	0.25	0.15	0.16
A5	0.16	0.15	0.16	0.11	0.00	0.21	0.13
A6	0.20	0.19	0.22	0.16	0.11	0.00	0.15

Fuente: consulta a expertos.

Al realizar el análisis de la consistencia, según el método propuesto se obtuvo un valor propio de 2.8727793, IC= - 0.63 y RC= -0.50, lo que permite afirmar que el ejercicio fue realizado de manera correcta.

Se pudo obtener que de los criterios llevados a evaluación por expertos, el de mayor peso fue el criterio 1: trabajar de manera integral entre el gobierno y las instituciones educativas y de salud, para garantizar el debido cumplimiento de las normas establecidas durante el uso de estas tecnología que sin duda alguna son muy costosas en el mercado internacional, para poder alcanzar el bienestar superior del todos los estudiantes así como interés del Estado Ecuatoriano.

CONCLUSIONES

Esta revisión de los artículos actuales ofrece una visión general de las iniciativas sobre el empleo de los robots en todas las especialidades de la odontología. La calidad general de la literatura, especialmente en términos de validación clínica, debe considerarse baja. La odontología está avanzando a pasos gigantes hacia un nuevo mundo de medicina asistida por la tecnología robótica y basada en datos investigativos. Sin embargo, los sistemas robóticos aún no se han introducido del todo en la investigación odontológica ni han alcanzado la rentabilidad y la preparación tecnológica para incorporarse plenamente al mercado de la odontología. Las ejecuciones y acciones de la tecnología robótica en odontología, se lo desarrolla en las especialidades como es en la ortodoncia, la rehabilitación oral, la cirugía oral y la implantología, son mucho más prometedoras en un futuro no lejano, pero las limitaciones más relevantes para la odontología robótica, además de la dificultad de los sistemas operativos ejecutables y el elevado costo que estos tienen, son las capacidades sensoriales y de manipulación fundamentales de los robots y la deficiencia de las capacidades de aprendizaje. Los dentistas deben tener un amplio conocimiento del manejo de los robots, incluidas las habilidades de comunicación entre el robot y el humano del mundo real y digital. Los autores confían en que la tecnología robótica aportará conocimiento y mejoras útiles en el futuro, pero recomiendan adoptar un enfoque basado en la evidencia a la hora de adaptarse a la nueva tecnología robótica en odontología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfredo Cacpata, W., Gil Betancourt, A. S., Enríquez Guanga, N. J., & Castillo Núñez, K. T. (2019). Validation of the proof reversal on the inexistence of untimely dismissal by using neutrosophic IADOV technique. *Neutrosophic Sets and Systems*, *26*, (45-51).
- Carossa M., C. D., Ceruti P., Mussano F., Carossa S. (2020). Individual mandibular movement registration and reproduction using an optoelectronic jaw movement analyzer and a dedicated robot: a dental technique. *BMC Oral Health*, *22*, e327-e336
- Fan S., C. Z., Qin C., Wang F., Huang W., Chen X., Wu Y. (2018). The accuracy of surgical automatic robotic assisted implants placement in edentulous maxilla—an in vitro study. *Oral Implant.*, *29*, 283.
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación Cuarta edición* (M. DF., Ed.).
- Kasimoglu Y., K. S., Karsli E., Esen M., Bektas I., & Ince G. (2020). Robotic approach to the reduction of dental anxiety in children. *Acta Odontol Scand*, *78*, 474-480.
- Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, *24*, 65-75.
- Leyva Vázquez, M., Del Pozo Franco, P. E., & Peñafiel Palacio, A. J. (2022). Neutrosophic DEMATEL in the Analysis of the Causal Factors of Youth Violence. *International Journal of Neutrosophic Science*, *18*(3).
- Leyva Vazquez, M. Y., Quiroz Martinez, M. A., Diaz Sanchez, J. H., & Aguilera Balseca, J. L. (2021). Decision Model for QoS in Networking Based on Hierarchical Aggregation of Information. In *Advances in Intelligent Systems and Computing (1213)* AISC, 361-368).
- Li J., L. J., Liu M., & Wang Z. (2020). Compliant control and compensation for a compact cable-driven robotic manipulator. *IEEE Rob Autom Lett*, *35*, 5417-5424.
- Noura, M. & Elhoseny, M. (2021). Feature Selection Optimization Model for Business Risk Assessment Model *American Journal of Business and Operations Research*, *2*(1), 51-64
- P.S, M. (2020). Accuracy and deviation analysis of static and robotic guided implant surgery: a case study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, *35*, e86-e90.
- Ramírez Pérez, J. F., Leyva Vázquez, M., Morejón Valdes, M., & Olivera Fajardo, D. (2016). Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, *10*(4), 28-42.
- Ren L., Y. J., Tan Y., Hu J., Liu D., & Zhu J. (2018). An intelligent dental robot. *Adv Robot.*, *32*, 659-669.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, *1*. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Araie, T, Ikeda, T., Nishizawa, U, Kakimoto, A, & Toyama, S. (2018). Study of the chewing assistance mechanism in powered robotic dentures Vib Procedia. *JVE Journals*, *19*, 163-168
- Wu Y., Wang, F., Fan S., & Chow J. K-F. (2019). Robotics in dental implantology. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* *31*, 513-518.