



**UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**“EXPERIENCIA SENSORIAL DESARROLLADA
AL UTILIZAR EL SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL
(SIMODONT®) EN ENDODONCIA”**

TESIS

Para obtener el Título de Licenciatura como:

CIRUJANO DENTISTA

Presenta:

Gloria Angélica Torres García

Asesor de tesis:

C.D.E.E. Oliver Mauricio López Garnica

Asesor externo:

C.D.E.E. Edgar Hugo Trujillo Torres

Morelia, Michoacán

Diciembre 2021



**UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**“EXPERIENCIA SENSORIAL DESARROLLADA
AL UTILIZAR EL SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL
(SIMODONT®) EN ENDODONCIA”**

TESIS

Para obtener el Título de Licenciatura como:

CIRUJANO DENTISTA

Presenta:

Gloria Angélica Torres García

Asesor de tesis:

C.D.E.E. Oliver Mauricio López Garnica

Asesor externo:

C.D.E.E. Edgar Hugo Trujillo Torres

Morelia, Michoacán

Diciembre 2021



Asesor de Tesis:

C.D.E.E. Oliver Mauricio López Garnica

Director de la Facultad de Odontología UMSNH
Evaluador del Consejo Nacional de Educación Odontológica

Asesor Externo:

C.D.E.E. Edgar Hugo Trujillo Torres

Presidente de la Asociación Mexicana de Endodoncia
Docente de la Universidad Católica Nordestana de la Republica
Dominicana

Colaboradores:

Martha Alicia Garduño

Representante comercial de Vamasa S.A. de C.V.

Dr. Fernando Alán Cantú Páez

Gerente de Ventas en Nissin Dental Products de México

Dr. Moisés Porras Soto

Asesor Práctico de Simulación Dental

Lizeth Trujillo Baeza

Colaboradora de la Universidad De La Salle Bajío

Julissa Karen Guerrero Garduño

Colaboradora de la UMSNH

**Agradecimientos:**

A Martha Alicia Garduño Méndez representante comercial de la empresa Vamasa, por ser parte importante de esta investigación y un sincero agradecimiento a la empresa misma por el apoyo y confianza depositados en esta investigación

Al C.D. Fernando Alán Cantú Páez gerente de Nissin Dental Products de México para Latinoamérica, al C.D. Moisés Porras Soto asesor práctico de simulación dental.

A Julissa Karen Guerrero Garduño y Lizeth Trujillo Baeza por su colaboración y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Al M.C. en Farmacología Héctor Ruiz Reyes por su tiempo y orientación en la metodología de esta tesis.

Agradecimiento a mi familia:

Ernestina García Pérez, Victor Torres Espinoza, Fernanda Jaqueline Torres García, Victor Manuel Torres García, Maria Teresa Pérez Soria y Toby gracias por mostrarme el camino hacia la superación, brindarme su apoyo en todo momento y por estar a mi lado en las largas horas de trabajo, a ustedes está dedicado.

La mejor parte del viaje no es llegar al destino, es todo lo que sucede en el camino. Porque aprendes cosas nuevas, conoces perspectivas diferentes y mucho antes de llegar al destino ya no eres la misma persona que cuando iniciaste el viaje.

Gracias a todas y cada una de las personas involucradas en este proyecto, que en el caminar de la vida regrese a ustedes multiplicado todo ese apoyo.



"La mano es la prolongación del cerebro, la operación no empieza en las manos, si no en la inteligencia, la mano solo externa lo que ocurre en la mente del Cirujano dentista."
- Zerón Agustín. (2011)



TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	11
3. MARCO TEÓRICO	13
3.1 CAPACITACIÓN	13
3.1.1 CAPACITACIÓN EN LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA	15
3.2 SIMULACIÓN	16
3.3 SIMULADOR	16
3.3.1 SIMULADOR DENTAL	16
3.3.1.1 TIPOS DE SIMULADORES DENTALES	17
3.3.1.2 SIMULADOR DE CABEZA FANTASMA	17
a) Modelo DSEplus por KaVo®	18
b) DENTSIM®, por DenX Ltd Lab NYC	18
c) Simulador para odontología XL2-PH	19
3.3.1.3 SIMULADORES VIRTUALES HÁPTICOS	19
a) Virtual Reality Training System (Vrds)®	19
b) Individual Dental Education Assistant (Idea)®	20
c) Iowa Dental Surgical Simulador (Idss)®	21
d) 3DDental por SimuLife®	21
e) HapTEL®	21
f) VirDentT®	21
g) Sistemas Forsslund®	22
h) Virteasy Dental Classroom®	22
i) Simulador dental hápticamente habilitado por Montgomery, H. Brown	23
j) Simulador Virtual Háptico Periosim®	23
k) Simulador dental para entrenamiento quirúrgico Voxel-Man®	24
l) Phantom® por Sensable Technologies y Novit Falcón®	24
m) Simulador Virtual Háptico Simodont®	25



Simulación dental en Pro de la excelencia académica	25
Tecnología de la simulación médica	26
Sistemas de simulación práctica en endodoncia	26
Educación en Realidad Virtual Simodont® Dental Trainer	27
Beneficios de trabajar con Simodont®	27
Componentes de Simodont®	28
Integración de Laboratorio Simodont®	28
Procedimientos soportados por Simodont®	29
Importación de escaneo intraoral	29
Manejo de Simodont®	30
3.4 ENDODONCIA	33
3.4.1 CAMPO DE LA ENDODONCIA	33
3.4.2 CAVIDAD PULPAR	33
3.4.3 CÁMARA PULPAR	33
3.4.4 CONDUCTO RADICULAR	34
3.4.5 PULPA DENTAL	34
3.4.6 ANATOMÍA DEL PRIMER MOLAR INFERIOR	35
3.4.7 ACCESO AL CONDUCTO RADICULAR	36
3.4.7.1 Objetivos y normas para la preparación de la cavidad del acceso	37
3.4.7.2 Evaluación de la anatomía de la unión cemento esmalte.....	37
3.4.7.3 Fase mecánica de la preparación de la cavidad de acceso	39
3.4.7.4 Contrángulos / Turbinas	39
3.4.7.5 Fresas	39
3.4.7.6 Exploradores endodonticos	40
3.4.7.7 Cucharilla operatoria endodóntica	40
3.4.7.8 Forma de conveniencia en la penetración	40
3.4.7.9 Eliminación de los rebordes de dentina cervical y ensanchamiento de los orificios y la parte coronal	42



3.4.8 ACCESO EN MOLAR INFERIOR	42
3.4.8.1 El punto de elección	42
3.4.8.2 La penetración inicial	42
3.4.8.3 Forma de conveniencia	43
4. ANTECEDENTES	44
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	84
6. HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	84
7. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	84
8. OBJETIVO	85
9. JUSTIFICACIÓN	85
10. DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL	86
a) DELIMITACIÓN TEMPORAL	86
b) DELIMITACIÓN ESPACIAL	86
11. PROPUESTA METODOLÓGICA	86
a) UNIVERSO Y MUESTRA	86
b) CRITERIOS DE INCLUSION	87
c) CRITERIOS DE NO INCLUSION	87
d) CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	87
e) TÉCNICAS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO	87
12. METODOLOGÍA	88
13. RESULTADOS	104
14. DISCUSIÓN	135
15. CONCLUSIONES	136
16. RECOMENDACIONES	138
17. FIGURAS	139
18. CRONOGRAMA	154
19. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	155
20. ANEXOS	159



1.- RESUMEN

Introducción: La simulación tiene como objetivo permitir al estudiante aprender a base de ensayo y error, generando autoconocimiento y aprendiendo a reaccionar frente a situaciones de riesgo. El desarrollo de las habilidades motrices finas en odontología son determinantes para realizar tratamientos conservadores y solo es obtenida a partir de la práctica, primeramente en simulación.

Objetivo: Evaluar la experiencia sensorial adquirida durante el entrenamiento en la realización de accesos camerales de primero molares inferiores en endodoncia con la utilización de Simulación Virtual Háptica (Simodont®)

Material y Métodos: El equipo de investigación se familiarizó, conoció y accedió a las funciones básicas del equipo, para conocer el nivel de realismo, funcionalidad, ergonomía, materiales e instrumental virtual realizando accesos en primeros molares inferiores en pacientes virtuales ya establecidos.

Resultados: El total de los investigadores coincidieron que el Simulador Virtual Háptico Simodont® es accesible su uso, percibiendo la vibración y sonido al utilizar la pieza de mano de simulación, es una excelente herramienta de aprendizaje en endodoncia generando un nivel alto de realismo, al utilizar las fresas para el tallado y preparación del acceso se siente la dureza entre esmalte y dentina, cuando llegamos a la cámara pulpar se siente el vacío; con la utilización de lentes 3D permite ver relieves, surcos y cambio de color entre el esmalte y dentina, cuando llegamos a los conductos radiculares y emplear el explorador de conductos sentimos su entrada.

Conclusiones: El Simulador Virtual Háptico Simodont® es una importante herramienta que está siendo implementada en las universidades y posgrados de más alto prestigio, su utilidad y nivel de realismo aportan significativamente a los alumnos un adiestramiento complementario, siendo un sistema que no reemplaza los métodos tradicionales, sino que prepara al alumno a reaccionar ante situaciones parecidas a la realidad, midiendo su entrenamiento en horas vuelo.

Palabras Clave: Endodoncia, Simodont, Simulador, Virtual, Háptico.



1.- SUMMARY

Introduction: Simulation aims to allow the student to learn by trial and error, generating self knowledge and learning to react to risky situations. The development of fine motor skills in dentistry is crucial for conservative treatment and can only be obtained through practice primarily in simulation.

Objective: To evaluate the sensory experience acquired during training in performing lower first molar chamber acceses in endodontics using Haptic Virtual Simulation (Simodont®)

Material and Methods : The research team familiarized themselves by accessing the basic functions of the equipment, in order to find out the level of realism, functionality, ergonomics, materials and virtual instruments used to perform lower first molar access on established virtual patients.

Results: The total number of researchers agreed that the Simodont® Haptic Virtual Simulator is accesible to use, perceiving the vibration and sound when using the simulation hand-piece. It is an excellent learning tool in endodontics generating a high level of realism, when using the drills for the carving and preparation of the access that hardness between the enamel and dentine. When we reach the root canals and use the root canal explorer. we feel their entrance.

Conclusions: The Simodont® Haptics Virtual Simulator is an important tool that is being implemented in the most prestigious universities and post graduate courses. Its usefulness and level of realism significantly provide students with complementary training, being a system that does not replace traditional methods, but rather prepares students to react to situations similar to reality, measuring their training in flight hours.

Keywords : Endodontics, Simodont, Simulator, Virtual, Haptic.



2.- INTRODUCCIÓN

Cualquier profesión requiere de actualización constante, no basta quedarnos con lo que encontramos en libros y conferencias, en odontología además es importante capacitarnos motrizmente para mejorar nuestra capacidad de habilidades en procedimientos clínicos.

La educación actual en odontología tiene un enfoque marcado en el área preclínica, ya que simulación es imitar el funcionamiento de un proceso o sistema real, por medio de un mecanismo parecido a la realidad, con la utilización de simuladores de realidad virtual con Háptica y los maniqués de cabeza fantasma han mejorado la calidad de trabajo y la adaptación al entorno clínico. En el gremio odontológico, ha costado esta aceptación en torno a la realidad virtual, pero con el paso del tiempo se ganó la confianza al ser utilizado por los estudiantes y de esta manera alcanzar un nivel competente, antes de enfrentarse a una situación real. Son utilizados los simuladores dentales todas las especialidades a manera en que los tratamientos irreversibles puedan llevarse a la práctica sin poner en riesgo el equilibrio biológico del paciente.⁽¹⁾ La simulación tiene como objetivo permitir al estudiante aprender a base de ensayo y error, generando así un autoconocimiento y aprender a reaccionar frente a condiciones y situaciones de peligro. El desarrollo de las habilidades motrices finas en odontología son determinantes para realizar tratamientos conservadores y esta habilidad solo es obtenida a partir de la práctica, primeramente de manera simulada.

Los simuladores dentales existen desde el siglo XVIII en el Baltimore Collage of Dental Surgery Ohio, en donde practicaban en dientes extraídos, pero la poca accesibilidad a ellos y el poco realismo clínico siempre ha sido un limitante.

Los simuladores de cabeza fantasma fueron creados a partir del siglo XX, en donde la base en donde eran alojados los dientes extraídos y de plástico era de bronce fundido, simulando la mandíbula superior e inferior y así representar una oclusión humana. A evolucionado el campo de la odontología desde los métodos de diagnóstico,



fotografía dental, modelos de estudio, la realización de prototipos y la simulación práctica clínica, con avances en ciencia, tecnología y robótica se ha desarrollado la Háptica como alternativa, creando un entorno virtual realizando un aprendizaje eficiente en tiempo y calidad de los procedimientos, así como memorizar protocolos, saber reaccionar bajo alguna situación inesperada, tener una motivación extra y criterios de autoevaluación, reduciendo la necesidad de supervisión, dando las herramientas para que el estudiante sea autónomo, independiente y tenga el protagonismo estudiantil en la mejora de su formación. ⁽²⁾ Hoy en día ante la problemática surgida debido al aislamiento obligatorio debido a la crisis provocada por la enfermedad de SARS-CoV2, es una alternativa eficiente el uso de los simuladores dentales, en medio del cumplimiento del distanciamiento social y en lo que se instaura un protocolo de sanidad oficial en las universidades haciendo frente a este desafío de la educación continua en odontología, en universidades de alto nivel los estudiantes realizan examen físico y practican intervenciones quirúrgicas desde una cabina con un hardware y software monitoreado no solo en tiempo de pandemia, sino a manera de rutina para tener un nivel de calidad en capacitación antes del contacto con pacientes.



3.- MARCO TEÓRICO

3.1- Capacitación

Se denomina **capacitación** a la adquisición de conocimientos técnicos, teóricos y prácticos que contribuyen al desarrollo de los individuos desempeñando una actividad y **capacitar** es: formar, instruir, entrenar o educar a alguien. El objetivo de la **capacitación** es que una persona adquiera habilidades para desarrollar determinadas acciones. El **entrenamiento** es la preparación que se sigue para desempeñar una función y la **Habilidad** es la facilidad que tenemos para realizar una tarea con cierta eficiencia y eficacia, esto sucede cuando empleamos el mínimo de recursos, esfuerzo y tiempo. ⁽³⁾

El proceso de capacitación está organizado en cinco etapas:

1. Análisis de la situación.
2. Detectar las necesidades.
3. Planes y programas de capacitación.
4. Operación de acciones.
5. Evaluación y seguimiento de la capacitación.

El Dr. Agustín Zerón en el artículo Visión profesional de las competencias en la odontología del siglo XXI, publicado en el 2011 menciona que vivimos actualmente en un constante proceso de evolución económico, tecnológico, científico, social y cultural.

El primer registro de matriculación de alumnos del gremio odontológico se inició mundialmente el 6 de marzo de 1840 con la fundación de Baltimore Collage of Dental



Surgery en Estados Unidos, por muchos años la estomatología fue considerada una especialidad de medicina manteniendo los vínculos académicos.

En México la carrera de odontología inició sus programas formativos en el Consultorio Nacional de Enseñanza en 1904, no requerían desempeño intelectual ya que la mayor parte de la práctica era de manera empírica pero se requería de suficiente habilidad manual. A partir de 1918 la carrera tuvo una revolución eminente en la teoría e investigación, desarrollando aprendizaje enfocado en teoría y práctica. Las Universidades deberán ofrecer educación continua y someterse a regimientos riguroso en el proceso de acreditación con estándares de calidad para promover profesionales calificados y certificados, la Asociación Dental Mexicana (ADM) inició hace más de 69 años con programas de actualización, congresos y cursos de educación continua funcionando también como enlace con escuelas de posgrados en México. Las especialidades reconocidas por la American Dental Association (ADA) son ocho: Periodoncia, Endodoncia, Ortodoncia, Prostodoncia, Odontopediatria, Cirugía Maxilofacial, Patología Bucal y Radiología. La certificación de profesores en posgrados no es suficiente para desarrollar esquemas de competencia. En lugar de enseñar a los alumnos de Operatoria Dental a dedicarse a dientes cariados, se debería fomentar el razonamiento científico, por lo tanto es necesario afinar y definir el perfil profesional, con mejores conocimientos científicos, habilidades y destrezas. Para cumplir acertadamente las demandas de la sociedad. ⁽¹⁾

Huitzil Muñoz Enrique en su publicación titulada “Háptica una nueva propuesta “en 2011 nos habla acerca de la sensación del tacto mencionando que es de las primeras que desarrollamos desde las primeras semanas de vida y posteriormente el resto de los sentidos. En odontología es primordial el desarrollo de este sentido, es desarrollada a prueba de ensayo y error. La Háptica está especializada en ese entorno, con la intención de fortalecer este sentido mediante el uso de simuladores valorando de



manera objetiva este hecho mediante retroalimentación inmediata. Permite que el alumno se haga cargo de su aprendizaje. ⁽⁴⁾

En 2015 se publicó el artículo “Integración de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la odontología” a cargo de Rodrigo Villalobos, nos menciona que en el ámbito del desarrollo pedagógico se usa la simulación clínica como una herramienta y estrategia de aprendizaje, en donde los estudiantes desarrollan destrezas y habilidades, tomando en cuenta los procesos individuales de cada persona, con la realización de tareas específicas, sincronizadas y estandarizadas que permiten una autoevaluación para consolidar el desarrollo de sus habilidades psicomotoras. Menciona también que la simulación debe estar presente a lo largo de toda la formación profesional, ya que el plan de estudios está integrado por técnicas y procedimientos que son la base de la atención odontológica además de incluir tres áreas de formación:

- 1.- Formación cognitiva, enfocada en el aprendizaje y conocimiento.
- 2.- Formación de habilidades y destrezas, mediante la práctica.
- 3.- Formación de actitudes y valores, el comportamiento y desempeño que la sociedad espera de un profesional de la salud. ⁽⁵⁾

3.1.1 Capacitación en la carrera de Odontología

Esta es la clave para la sobrevivencia y desarrollo en el ámbito académico y laboral, cada vez es más necesario que los profesionales y estudiantes conozcan acerca de lo nuevo en avances de equipo, materiales y métodos relacionados con la formación y práctica profesional, para una mejor atención a los pacientes y buen desempeño laboral, conocerlos a través de su manipulación y correcto uso, es primordial previo a la utilización de forma clínica en los pacientes.



3.2 Simulación

Es un acto que consiste en imitar la realización de una acción, la palabra simulación proviene del latín " Similis" que quiere decir "parecido", se debe seguir una serie de procedimientos e indicaciones, llevados a cabo por un sistema en el que se establecen los elementos que se deben simular, incluyendo movimientos o procedimientos. Sirve para verificar, comprobar, entrenar y desarrollar habilidades.

3.3 Simulador

Es un dispositivo que sirve para reproducir condiciones propias de una actividad que imita circunstancias reales. Los simuladores reproducen experiencias y sensaciones que en la vida real pueden ocurrir, reproducen las sensaciones físicas (como: velocidad, aceleración y percepción de un entorno) como el comportamiento de los equipos que la máquina pretende crear una realidad, lo más parecida. Para simular sensaciones físicas se puede recurrir a complejos mecanismos de movimiento accionados por sistemas hidráulicos y/o eléctricos comandados por potentes ordenadores que por modelos matemáticos consiguen reproducir variables dinámicas. Para simular un comportamiento se puede elaborar un modelo virtualizado por Hardware con equipo real o mediante un software que corre en el equipo real pero modificado a un dispositivo más convencional.

3.3.1 Simulador Dental

Se están desarrollando nuevas tecnologías para incluir "háptico" (sentido del tacto) y laboratorio virtual, en sentido pedagógico como se ha utilizado en varias profesiones como aviación, energía nuclear, la milicia y cuidado de la salud, para maximizar la capacitación y minimizar el riesgo.



Los simuladores dentales para el entrenamiento han surgido de las tecnologías disponibles en el campo de aviación y medicina. La realidad de la educación dental promete fusionar la educación de ideas tradicionales y capacidades tecnológicas que permiten un uso exitoso de la tecnología en educación superior, reorganización, experiencias de enseñanza y aprendizaje. ⁽⁵⁾

3.3.1.1 Tipos de Simuladores Dentales

Los Modelos de simulación eran inertes de resina y plástico que imitaban a maxilares superior e inferior, posteriormente insertados en un mueco de apariencia humana, que adoptaba posiciones comunes a las del paciente reclinado en el sillón dental. Posteriormente se acoplaron los maniquíes a sistemas de aspiración e instrumental rotatorio, jeringas de agua y aire, además de instrumentos dentales verdaderos, lo que mejoró la realidad experimentada por el alumno y mejoró el escenario clínico. Pasaron una evolución tecnológica, marcando unos progresos de simuladores. ⁽⁶⁾

Existen registros fotográficos, con imágenes de estudiantes de odontología de la universidad de Costa Rica, en la década de los años cuarenta del siglo XX, en donde se observa los procesos educativos, con modelos de rudimentarias cabezas de madera y arcadas de dientes naturales montadas en yeso; en la que el clínico podía practicar simulando un paciente, efectuando cortes en dientes extraídos, con tornos y brocas, que giraban por medio de poleas y cuerdas, activadas por un pedal metálico, que con la cadencia del movimiento del pie hacía rotar la fresa de corte. ⁽⁷⁾

3.3.1.2 Simulador de cabeza fantasma

La forma más básica de simulación odontológica es el diente artificial, insertado en el tipodonto, el cual es una representación del maxilar, en conjunto con el proceso

alveolar. Modelos con mayor complejidad consisten en una cabeza artificial o maniquí, en donde se insertan los maxilares artificiales o naturales. El maniquí puede acoplarse mediante un torso artificial a un sillón odontológico, este es el tipo de simulación tradicional (ST). ⁽⁸⁾

a) Modelo DSEplus por KaVo®:

Constituido por un sistema neumático, con nódulos de agua y succión. Es una unidad de simulación de dimensiones reducidas, cuenta con: Dorso con brazos y hombros predefinidos, ajuste neumático fácil y rápido de la altura del simulador del paciente e inclinación del torso, poca necesidad de componentes mecánicos de servicio duraderos, bastidor y armario robustos y estables; todos los componentes están fabricados con chapas metálicas lacadas. Al ser la unidad de simulación dental más pequeña se adapta a las consultas de espacios reducidos, cuenta con dos amplios compartimentos separados para guardar el simulador de mandíbula del estudiante, el articulador o el soporte para instrumentos, por ejemplo: El elemento del odontólogo o auxiliar se puede cambiar de derecha a izquierda sin necesidad de ninguna herramienta. Configuración modular y de instrumentos flexibles. ⁽⁶⁾ Fig. 1

b) Dentsim®, por DenX Ltd Lab NYC

Considerado de los primeros simuladores en odontología, permite realizar preparaciones dentales en modelos de dientes de plástico y ver el proceso en un monitor. Está integrado por un maniquí conectado a dos computadoras a través de una cámara de infrarrojos acoplada a la pieza de mano.

Consta de una cabeza fantasma, instrumentos dentales, sensores infrarrojos, cámara infrarroja aérea con monitor y dos computadoras. El sensor infrarrojo escanea la boca del paciente simulado y esta información es procesada por una de las dos



computadoras. La segunda computadora se utiliza para ejecutar el software de instrucción para evaluar estudios, este software está programado para evaluar estructuras con defectos y errores críticos cuando el alumno lo solicite, la unidad permite visualizar sus preparaciones, al tiempo que proporciona la habilidad de trabajar en dientes de plástico, permite entrenar de forma independiente y mejorar las habilidades clínicas. ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ Fig. 2

c) Simulador para odontología XL2-PH

Tiene dos estaciones de trabajo, con gabinete y panel de control. Fabricado con acero electro galvanizado.

Contiene uso de jeringa triple con mecanismo de retracción automática, mecanismo de micromotor, maniquí ajustable con mascara facial de auto drenaje, modelo de boca con 32 dientes atornillados con fijación de clip. Clap, mini unidad dental, lámpara led con luz de techo articulada, extracción de polvo con motor de inducción. ⁽⁹⁾ Fig. 3

3.3.1.3 Simuladores Virtuales Hápticos

Un simulador háptico con interfaz Háptica incorporada, consiste en un elemento tecnológico que reproduce, con alto nivel de confiabilidad la sensación del tacto, experimentando un entorno real, sin estar en contacto físico con elementos reales.

a) Virtual Reality Training System (Vrdts)®

Por Novint Technologies en colaboración con la escuela de medicina dental de la Universidad de Harvard. Esta herramienta permite realizar la preparación de cavidades dentales y la restauración virtual de los dientes, valiéndose de entornos de realidad virtual.



Con un software que simula un solo molar con sus tejidos dentarios y un conjunto de instrumentos dentales como micromotor, explorador, excavador, material de amalgama y cementos cavitarios.

Es un simulador digital con escenarios realistas, se vale de una computadora en la cual los alumnos ingresan a un entorno de aprendizaje activo, experimentando imágenes y sonidos que disuelven la barrera entre la realidad virtual y real, mediante el uso de auriculares y controladores, logrando una experiencia realista y clara en la anatomía. En la práctica el estudiante aprende a preparar una cavidad, rellenar la cavidad con amalgama y tallar la amalgama. ⁽¹⁰⁾ Fig. 4

b) Individual Dental Education Assistant (Idea)®

Ofrece un lápiz con seis grados de libertad unido a un soporte que proporciona una imagen animada en 3D en la pantalla que permite al alumno practicar con herramientas, mientras proporciona una retroalimentación Háptica, en cada tarea el simulador mide y registra el tiempo de la tarea, porcentaje de material eliminado y desviación de la tarea de perforación asignada, que refleja el nivel de precisión. Lamentablemente no hay literatura que haya reportado una validación de este sistema. La unidad actual también ofrece módulos para manual Dextery, detección de caries, oral Med, Scaling y Root Planning.

PreDent Touch es un sistema novedoso que proporciona futuros estudiantes de odontología con la oportunidad de obtener un conocimiento de la odontología como una opción profesional. La empresa también permite el uso de aplicaciones de terceros en la unidad para mejorar la experiencia de aprendizaje, las opciones incluyen módulos para la obturación del conducto radicular, radiografía, eliminación de puentes, manejo del dolor, etc. Aunque bien se ha informado que requiere mejoras como la sensación táctil, para imitar la sensación con el mundo real. ⁽⁵⁾ Fig. 5



c) Iowa Dental Surgical Simulador (Idss)®

Por facultad de odontología de la Universidad de Iowa y GROK Lab. Simulador diseñado para enseñar y evaluar sutiles táctiles y habilidades quirúrgicas relevantes para la detección clínica de caries, en el que sienten las características del esmalte, dentina sana y cariada. ⁽⁶⁾ Fig. 6

d) 3D Dental por SimuLife, con sensación táctil similar al sondeo de caries, perforación o relleno de cavidades. ⁽⁶⁾

e) HapTEL™

Fue creado originalmente por los profesores Pat Reynolds y Margaret Cox, desarrollado como colaboración entre Kings Collage en Londres y el Instituto dental de la Universidad de Reading, Reino Unido. Es un proyecto galardonado en odontología basado en la unidad Háptica. Incluye dos pantallas que permiten al usuario mirar hacia abajo una mandíbula simulada como si realmente fuera el paciente y un pedal para controlar la velocidad de la turbina, el software está diseñado para preparar cavidades. Los usuarios pueden reproducir el procedimiento que han realizado y evaluar sus habilidades, los puntajes almacenan para monitorear el progreso. Tiene como opción trabajar con caries simples y complejas. ⁽¹¹⁾ Fig. 7

f) VirDentT®

El sistema VirDentT® creado en la facultad de Medicina Dental de la Universidad Ovidio de Costanta, Rumania simula la preparación de prótesis dentales fijas (coronas y puentes) Consta de una turbina virtual, dientes y paciente con interfaz Háptica que permite realizar el procedimiento de manera virtual, Permite al estudiante seguir la



demostración de un tutor virtual. El objetivo de este simulador es que los estudiantes realicen preparaciones de manera rápida en comparación a cuando se enseña a partir de métodos tradicionales. La primera fase del desarrollo VirDent[®] consistió en la construcción de un modelo de sistema Software y la segunda describe formalmente los conocimientos necesarios en restauraciones cerámicas. ⁽¹¹⁾

g) Sistemas Forsslund[®]

También llamado Kobra, es el primer simulador de cirugía oral, proporciona retroalimentación Háptica para sentir la extracción en hueso.

Está conformado de un maniquí, pantalla de control táctil, pedales para operar el instrumento rotatorio, gafas 3D activas e interfaz Háptica de alta calidad. También tiene una biblioteca de pacientes y por tanto de casos clínicos. Se ha comprobado su eficiencia al momento en el que el Profesional y el estudiante pueden entablar una discusión acerca de la mejor estrategia de abordaje quirúrgico.

Los estudiantes pueden acceder con su nombre de usuario y contraseña individual, elegir el caso clínico y guardar sus resultados, incluso es posible realizar una descripción y medidas de cantidad de hueso, esmalte, dentina y pulpa extraídos. Los resultados se generan instantáneamente, informando la actividad del operador. ⁽¹²⁾

Fig. 8

h) Virteasy Dental Classroom[®]

Probado y aceptado en diferentes Países como España, Ucrania y China, revolucionando la forma en la se imparte la educación dental en el mundo.

Este simulador háptico en particular permite vincular distintos simuladores y trabajar de manera armónica, mientras se reciben las instrucciones del tutor. El asistente permite al profesor añadir nuevos usuarios, crear un plan de estudio del curso, exportar



evaluaciones de los estudiantes y proyectarlos de manera didáctica. El editor permite crear nuevas colecciones a partir de la biblioteca en cuestión dental STL (mandíbula y maxilar) o crear nuevas lecciones utilizando un escáner 3D del paciente con STL o DICOM. Este simulador ha sido actualizado con más de 100 ejercicios de restauraciones, endodoncia, prostodoncia e implantología. ⁽¹³⁾ Fig. 9

i) Simulador dental hápticamente habilitado por Montgomery, Herbranson & Brown con dientes obtenidos mediante escaneo previo con micro- CT y fotografías de alta resolución o retorno táctil bastante similar al que se experimenta cuando se realiza una preparación cavitaria. ⁽⁶⁾

j) Simulador Virtual Háptico Periosim®

Fue desarrollado por universidad de Illinois en Chicago (UIC) en conjunto con el colegio de ingeniería y odontología diseñado especialmente para periodoncia, que puede simular tres operaciones típicas incluyendo sondaje de bolsillo, detección de cálculo y eliminación de sarro, se centró en sondear diferentes tejidos alrededor del diente. ⁽¹⁴⁾

Es un simulador de realidad virtual, ofrece gráficos 3D y sensación táctil que permite involucrar a los estudiantes y usar una variedad de instrumentos dentales animados para visualizar, detectar y evaluar caries o enfermedades periodontales. Se puede acceder a este dispositivo por estudiantes a través de internet y también permite a los instructores cargar diferentes procedimientos dentales que pueden reproducirse en cualquier momento. Sin embargo se encontró que existen limitaciones en el realismo de las imágenes, instrumentos y estructuras orales, así como poco realismo en la sensación táctil, necesita algunas mejoras. ⁽⁵⁾ Fig. 10



k) Simulador dental para entrenamiento quirúrgico Voxel-Man®

Fue desarrollado por la universidad Centro médico de Hamburgo-Eppendorf. Brinda capacitación para la preparación de cavidades y lesiones cariosas con habilidades automáticas de evaluación. ⁽¹⁴⁾

Es un simulador para entrenamiento quirúrgico en 3D, este dispositivo permite al operador usar fresas animadas de alta y baja velocidad de diferentes formas, que son controladas por un pedal. La unidad permite inspeccionar los dientes desde diferentes ángulos, los avances de hardware y software podrían permitir mejoras en la experiencia de realidad virtual y una mejor adaptación en la educación moderna. Además de características como rocío de agua virtual, lengua y mejillas virtuales para retracción, así como amplia variedad de casos clínicos virtuales y fresas de diferentes formas. ⁽⁵⁾

Fig. 11

l) Phantom® por Sensable Technologies y Novit Falcon®

El phantom (Personal Haptic Interface Mechanism) producido por Sensable Technologies, es un dispositivo de sobremesa similar a un manipulador de seis grados de libertad, que se conecta con un puerto de entrada/salida del ordenador y permite al usuario interactuar con objetivos virtuales programados en el ordenador.

Se considera que Phantom inició en campo de la investigación háptica.

Novit Falcon fue creado en el 2007, es el primer dispositivo háptico de consumo con retroalimentación de fuerza 3D destinado principalmente a videojuegos y entretenimiento. Tiene un costo aproximado de 200 dólares, su espacio de trabajo es de 10 cm por lado, toda la información entre el dispositivo y el ordenador se maneja a través del puerto USB. El Falcón transmite la posición al ordenador que se mide mediante codificadores, que devuelve un vector de fuerza que se genera actualizando



las corrientes suministradas en el enlace paralelo. Novit proporciona un kit de software para Windows. ⁽¹⁵⁾ Fig. 12 y 13.

m) Simulador Virtual Háptico Simodont®

Es una realidad virtual 3D Háptica fabricado por MOOG Industrial Group, Amsterdam. Ha sido desarrollado por ACTA (Centro Académico de Odontología en Ámsterdam) y actualmente está siendo probado por la facultad de odontología y Salud ora, Universidad Griffinth, Queensland, Australia.

El software de Simodont® incluye módulos para la destreza manual, cariólogía, ejercicios de coronas y puentes, casos clínicos y simulación en boca completa e higiene dental. Se están desarrollando módulos para periodoncia y endodoncia. Proporciona también al usuario retroalimentación instantánea y también permite a los estudiantes entrenar en virtualmente en exámenes, reportaron un posible beneficio al mejorar la destreza manual después de corto plazo. Tanto estudiantes como profesionales acordaron que es una herramienta útil como complemento junto a los métodos de enseñanza tradicionales. ⁽⁵⁾ Fig. 14

Simulación dental en pro de la excelencia académica

Nissin® como empresa socialmente responsable ha generado un impacto en el área de simulación, no solo en el estudiante o profesional sino también a nivel social generando de esta manera mejores tratamientos y una diferente calidad de atención.

Nissin® Dental Products es una casa japonesa dedicada a la investigación y desarrollo en modelos de simulación dental, nace en 1948 en Kioto Japón. Nissin® “significa progreso diario” y simulación “es recrear un ambiente, un escenario lo más cercano a la realidad, la simulación clínica en una herramienta educativa con la que se fortalece la adquisición de habilidades técnicas y competencias necesarias para el



cuidado de la salud oral.” Actualmente es una empresa conocida a nivel mundial brindando atención a 75 países, alrededor de 650 facultades de odontología, 190 facultades de odontología en América Latina y 90 facultades de odontología en México.

La misión de Nissin® es ofrecer una solución total para la educación dental. Su visión es la formación de mejores futuros odontólogos por medio de la simulación dental. En México existen alrededor de 78 laboratorios Nissin® entre ellos los de la facultad de odontología de la UMSNH. Fig. 15

Tecnología de la simulación Médica

Comenzó la simulación como entrenamiento en sistemas de aviación, actualmente es una realidad en áreas médicas gracias a los grandes avances en tecnología y sistematización de aspectos relevantes de la teoría de la educación. La simulación genera cultura, enseñanza y crea un criterio, al aportar destreza, habilidad mental y capacidad de respuesta asertiva cuando es necesaria.

Los primeros proyectos fueron modelos de simulación de cabeza fantasma, actualmente cuenta con muchos mecanismos de simulación que van desde lo más sencillo, hacia lo más complejo, toda la parte clínica se puede tratar previamente con simulación para cada especialidad.

Sistemas de simulación práctica en endodoncia.

- Dientes de plástico con pulpa que se atornillan A12A-200. Fig. 16
- Dientes de plástico con defecto en forma de cuña A25A-UL39B. Fig. 17
- Modelo de diente endodóntico S12A-200. Fig. 18
- Dientes completamente anatómicos de cavidad pulpar y raíz Serie B22X. Fig. 19
- Tipodonto para práctica de endodoncia CON1001 Series. Fig. 20



Actualmente también cuenta Nissin® con simulación y comunicación robótica, el simulador Dentaroid® es un punto más avanzado en donde hay una interacción. Fig. 21 Este robot posee alrededor de 20 patrones de diálogo automático, lo que propicia una comunicación parecida a la que se tiene con un paciente. Además, la textura de la piel y la variedad de movimientos, como el parpadeo de los ojos, son muy similares a la humana, lo que crea un ambiente de entrenamiento más realista. El robot está equipado con 10 diferentes funciones que simulan los movimientos de reacción que pueden ocurrir durante un tratamiento, tales como la reacción al dolor, el reflejo de tos, el reflejo de vómito y un pulso irregular. Hace movimientos irregulares durante varias situaciones, lo que le permite al alumno ganar experiencia en un ambiente clínico realista. Fig. 21-23.

- 1) El robot mueve la cabeza hacia los lados en reacción al dolor.
- 2) El robot produce un reflejo de tos.
- 3) El robot produce un reflejo de vómito para poder simular a un accidente a raíz de esto.
- 4) El robot eleva la mano izquierda y se queja del dolor.
- 5) Las partes consumibles son fáciles de reemplazar.

Educación en Realidad Virtual Simodont® Dental Trainer

El primer laboratorio fue en ACTA de la Universidad de Amsterdam 2010 y se fue extendiendo a diferentes países. Es un entrenador entorno a la realidad virtual, proporciona una retroalimentación por medio de la háptica, visual y alta precisión. La háptica es la ciencia del tacto por analogía con la acústica y la óptica dando un nivel de realismo. Fig. 24

Beneficios de trabajar con Simodont®

1. Ayuda a desarrollar las habilidades y confianza del estudiante.
2. Mejora el aprendizaje.



3. Ofrece un entorno de entrenamiento uniforme y estandarizado.
4. Retroalimentación inmediata.
5. Dientes con patología real.
6. Practica ilimitada y repetitiva.
7. Evaluación objetiva.

Componentes de Simodont® Fig. 25

1. Inicio de sesión.- Por medio de tarjeta y por usuario y contraseña.
2. Panel Táctil.
3. Visor de Pantalla 3D.
4. Proyector de estereovisión.
5. Audio.
6. Gafas 3D.
7. Ajuste de altura.
8. Espejo virtual.
9. Punto de apoyo para manos y dedos.
10. Control manual para manipular el modelo virtual.
11. Pieza de mano.
12. Pedal de velocidad variable.

Integración Laboratorio Simodont®

La instalación consta de 1 servidor, 1 estación maestro y 1-x unidades Simodont® el espacio requerido aproximado es de 1.5m x 2m, necesaria disposición flexible de la sala y toma de corriente (110V / 220V, 500W). Fig. 26



Procedimientos soportados por Simodont®

Cuenta con más de 40 ejercicios preestablecidos para destreza manual desde nivel básico hasta nivel avanzado arrojando una puntuación automática. Fig. 27

1. Práctica de Nissin®
2. Práctica de la tabla virtual.
3. Práctica de visión indirecta: Uso del espejo cuidando la ergonomía.
4. Práctica de un solo diente.
5. Práctica de hemiarcada.
6. Operatoria/ cariológia: Más de 10 casos preestablecidos cavidades operatoria, modelos de dentición permanente y primaria, incluyen casos basados en dientes reales, pacientes virtuales opcionales, fresas para excavar caries, excavadores manuales y sondas para detección de caries, detector de caries virtual para ayudar a los estudiantes a localizar áreas.
7. Prostodoncia: Revisión de oclusión utilizando modelo antagonista, eje del diente guía para la preparación, medir los ángulos de la pared utilizando herramientas de medición virtual como cuadrículas y medidores.
8. Endodoncia: Cavity de acceso más de 20 modelos de dientes, definición de cámara pulpar, sensación de vacío al llegar a cámara pulpar, inspección de diente en modo traslucido, inspección de los conductos utilizando explorador de conductos.
9. Odontopediatria: Dos modelos mandibulares clase II y dos modelos maxilares clase II.

Importación de escaneo intraoral

La importación en formato STL desde escáner intraoral para permitir el tratamiento específico del paciente, crea tus propios modelos para Simodont®, práctica casos clínicos reales en Simodont®, compatible con muchos escáneres intraorales utilizando este formato.

Como conclusión: La simulación como técnicas y herramienta de la enseñanza en ciencias de la salud nunca podrá reemplazar al paciente y mucho menos la esencia del



contacto médico- paciente; sin embargo, permite preparar al estudiante de forma idónea para el contacto directo con el paciente mediante la utilización de modelos; virtuales, mecánicos, eléctricos y electrónicos que ofrezcan la posibilidad de conseguir la destreza necesaria para enfrentar al paciente en contexto, la simulación es una de las herramientas más versátiles de aprendizaje y evaluación en la medida que docentes y estudiantes conlleven de lo importante que es comprender, ensayar y repetir para conseguir las competencias necesarias. ⁽¹⁶⁾

Manejo de Simodont®

Desde que encendemos la pantalla tenemos un panel de control en el que nos muestra distintas opciones, la primera es la selección o edición del curso, este se crea agregando el nombre del curso, la duración y plazo de finalización, año del plan de estudios, tiene la opción de evaluar automáticamente el resultado de las prácticas, cargar instantáneamente y si está disponible la aprobación del profesor, el examen automatizado y reprobado después de cierto número de intentos, se puede agregar este curso a grupos o solo usuarios directamente y cargamos los casos clínicos.

Para Agregar un nuevo usuario requiere de nombre, apellido del usuario, el número de lista, correo electrónico, este punto es opcional pero si se elige los resultados de las evaluaciones llegaran de manera automática al alumno, contraseña esta por primera vez la crea el profesor, posteriormente el alumno al ingresar al simulador le pedirá nombre de usuario y contraseña, después de la primera vez de registro el alumno puede cambiar la contraseña y así sea completamente privada, también solicita fecha de inicio de estudios, año de plan de estudios, posición del usuario si es estudiante, profesor o asistente y si está activo en su matrícula, aparte también tiene un apartado para descripción o nota. Fig. 28.

En el apartado de casos encontramos todos los casos establecidos con los que ya cuenta el simulador, también se pueden integrar casos nuevos a través de un escáner



intraoral. Al momento de seleccionar un caso clínico aparecen los datos del paciente con historia clínica, también muestra rasgos faciales y al seleccionar este paciente automáticamente aparece una pantalla para seleccionar las fresas con las que se va a trabajar y podemos iniciar el tratamiento. Simodont® cuenta con más de 100 fresas y 15 instrumentos contando la pieza de alta. Fig. 29y 30.

En el simulador al cargar el caso podemos manipular la posición del diente virtual con el mouse, es necesario utilizar las gafas para tener una mejor experiencia, la simulación de pieza de alta así como el espejo se pueden intercambiar para comodidad del usuario si este es zurdo, el simulador tiene un botón de ajuste de tamaño para cuidar la ergonomía, mientras tanto en la pantalla tenemos opciones para transparentar la pieza esta es para ver el diente como si fuera una radiografía, también podemos hacer zoom, cambiar de fresas o instrumentos, tiene un indicador del porcentaje de tejido destruido, desde que abrimos el caso cuenta el tiempo y la realización de la tarea. Fig. 31

En la computadora madre en el apartado de evaluación se pueden ver los resultados de cada procedimiento realizado, podemos revisar cada caso y observar la manera en que fue realizado el procedimiento, calificando el tiempo y cantidad de tejido destruido, puede el profesor dar una respuesta aprobatoria o desaprobatoria y colocar un comentario, automáticamente la evaluación es entregada al alumno en su correo. (17)

La industria aeronáutica ha sido la primera en usar los simuladores para su entrenamiento. En el área de la salud, son de gran importancia, para la formación profesional. Los objetivos cognitivos se ven reflejados, en desarrollar habilidades y destrezas, con la ejecución clínica, para posteriormente, ejecutar las labores con calidad en pacientes reales. Incluso es posible medir el tiempo y calidad de cada acción de los estudiantes y profesionales, en odontología se ha visto un impulso mayor en esta área de desarrollo, en las prácticas preclínicas, han sido un mecanismo de desarrollo de habilidades manuales. Existen registros fotográficos, con imágenes de estudiantes de odontología de la universidad de Costa Rica, en la década de los años cuarenta del



siglo XX, en donde se observa los procesos educativos, con modelos de rudimentarias cabezas de madera y arcadas de dientes naturales montadas en yeso; en la que el clínico podía practicar simulando un paciente, efectuando cortes en dientes extraídos, con tornos y brocas, que giraban por medio de poleas y cuerdas, activadas por un pedal metálico, que con la cadencia del movimiento del pie hacía rotar la fresa de corte. El entender como conducirse y tratar adecuadamente a un paciente, también es una tarea que se puede practicar en los simuladores dentales, preparando para un futuro ambiente clínico real. Estas labores tienen como finalidad formar profesionales competentes, con un conocimiento suficiente, habilidades y destrezas adecuadas, así como actitudes y valores fundamentales para desarrollar la práctica profesional completamente satisfactoria para la atención de la población y solución de sus necesidades en salud oral. ⁽⁷⁾



3.4 ENDODONCIA

La endodoncia es una especialidad reconocida como tal desde 1964, es una ciencia integrada por conocimientos metodológicamente ordenados, su objetivo es el estudio de su estructura, morfología, fisiología, patología pulpar y peri radicular. ⁽¹⁸⁾

3.4.1 CAMPO DE LA ENDODONCIA

En el estudio y aprendizaje del campo de la endodoncia es importante para la apertura coronaria, el conocimiento de la anatomía interna del diente y la localización de los conductos radiculares para su preparación.

3.4.2 CAVIDAD PULPAR

La cavidad pulpar es el espacio existente en el interior del diente, ocupado por la pulpa dental y revestido en casi toda su extensión por dentina, excepto junto al foramen apical. Está dividida en dos partes: Cámara pulpar y conducto radicular. Fig.32

3.4.3 CÁMARA PULPAR

La cámara pulpar corresponde a la porción coronaria de la cavidad pulpar, situada en el centro de la corona, siempre es única, acompaña su forma externa, por lo general es voluminosa y aloja la pulpa coronaria, constituida por:

Techo: Es la pared oclusal o incisal de la cavidad pulpar; presenta forma cóncava, con la concavidad hacia la cara oclusal o el borde incisal y prominencias dirigidas hacia las puntas de las cúspides (divertículos), donde se alojan los cuernos pulpaes.



Piso o pared cervical: Es la cara opuesta al techo. Tiene forma convexa y en él están localizadas las entradas de los conductos. Identificado con facilidad en los dientes biradicales o triradicales.

Paredes laterales circundantes: que reciben el nombre correspondiente a las caras hacia las cuales están orientadas (vestibular, lingual o palatina, mesial o distal).

3.4.4 CONDUCTO RADICULAR

Conducto radicular es la parte de la cavidad pulpar correspondiente a la porción radicular de los dientes; en los que presentan más de una raíz, se inicia en el piso y el vértice hacia la porción apical.

Con la edad o como consecuencia de agresiones físicas, químicas o bacterianas, la cavidad pulpar va reduciendo su tamaño, debido al depósito de dentina en sus paredes o a la formación de nódulos y agujas cálcicas. Se divide el conducto radicular en tercios cervical, medio y apical. ⁽¹⁹⁾

3.4.5 PULPA DENTAL

La pulpa dental tiene diferente morfología, que se hace más evidente en la interpretación radiográfica, en la realización de accesos y en el momento de la exploración. El conocimiento de estos datos es indispensable para un tratamiento de conductos exitoso. Los cuernos palpaes son importantes ya que a causa de traumatismos, caries o invasión mecánica queda expuesta muchas veces, pero también realizan una mineralización más rápida y presenta reducción del tamaño y forma a través del tiempo.

El conocimiento de la morfología más común de los conductos radiculares y sus variaciones frecuentes es básico para el éxito de la intervención. Los conductos radiculares adoptan vías variables de recorrido desde el orificio al ápice. El sistema de



conductos de la pulpa es complejo, los conductos pueden ramificarse, dividirse y volver a juntarse. Si solo existe un conducto, suele estar localizado en el centro de la preparación, también a medida que existe una mayor distancia entre los orificios en la raíz, es mayor la probabilidad de que los conductos se mantengan separados.

3.4.6 ANATOMÍA DEL PRIMER MOLAR INFERIOR

Quizá debido a que es el primero en erupcionar entre los dientes posteriores permanentes, el primer molar inferior parece ser el diente que requiere con más frecuencia un tratamiento endodóntico, por tanto su morfología ha recibido gran atención. Muchas veces se ha sometido a una gran restauración y debe soportar fuerzas de oclusión intensas. Por tanto, la cámara pulpar a menudo se encuentra retraída o está calcificada. El diente suele tener dos raíces, pero en ocasiones tiene tres, con dos o tres conductos en la raíz mesial y uno, dos o tres conductos en la raíz distal. Los conductos de la raíz mesial son uno mesiovestibular y otro mesiolingual; a veces existe un conducto mesial central (MC) en el surco de desarrollo entre los otros conductos mesiales. Los conductos de las raíces distales son el conducto distal y los conductos distovestibular, distolingual y disto central. Los orificios de esos conductos están conectados por el surco de desarrollo. Los orificios de todos los conductos suelen estar localizados en los dos tercios mesiales de la corona y el suelo de la cámara pulpar es trapezoidal o romboidal. De modo habitual existen cuatro cuernos pulpares.

La existencia de dos raíces distales separadas es rara, pero existe. En estos casos la raíz DL es más pequeña que la distovestibular y suele ser más curva. La raíz DL tiene con frecuencia una curvatura apical hacia vestibular y no se aprecia en radiografías.

La raíz mesial, que es la más ancha de las dos, se curva en sentido mesial desde la línea cervical hasta el tercio medio de la raíz, y después se angula en sentido distal hasta el ápice. Las superficies vestibular y lingual son convexas en toda su longitud,



mientras que la superficie distal de la raíz mesial y la superficie mesial de la raíz distal tienen una concavidad, por lo que la pared de dentina es muy fina.

Los orificios de los conductos mesiales suelen estar bien separados dentro de la cámara pulpar principal y conectados por un surco de desarrollo. El orificio mesiovestibular se encuentra comúnmente bajo la cúspide mesiovestibular, mientras que el mesiolingual se suele encontrar justo lingual al surco central. Suele haber un orificio del conducto MC en el surco entre los orificios mesiales. Cuando solo existe un conducto distal, el orificio es oval en sentido vestibulolingual y la abertura es en general distal al surco vestibular. Si existen tres conductos radiculares principales en este diente, todos ellos son ovales en los tercios cervical y medio de la raíz, y redondos en el tercio pical. Si se encuentran dos conductos (disto-vestibular y disto-lingual), en la raíz distal, suelen ser más redondos que ovales en toda su longitud. Los conductos de la raíz mesial suelen ser curvos, con una curva más pronunciada en el conducto mesiovestibular. Este conducto puede presentar una curvatura significativa en el plano vestibulolingual, que quizá no se aprecie en las radiografías. En la furca de los molares inferiores se pueden encontrar múltiples agujeros accesorios.

La cavidad de acceso del primer molar inferior es trapezoidal o romboidal, independientemente del número de conductos, también puede tener una raíz adicional localizada lingual o vestibularmente. El conducto puede ser recto, tener una curvatura coronal o presentar curvaturas coroneales y apicales separadas. Fig.33 y 34

3.4.7 ACCESO AL CONDUCTO RADICULAR

Es el conjunto de procedimientos que se inicia con la apertura coronaria, permitiendo la limpieza de la cámara pulpar y la rectificación de sus paredes, y se continúa con la localización y preparación de su entrada. Un acceso bien realizado propicia la iluminación y visibilidad de la cámara pulpar y de la entrada de los conductos y facilita su instrumentación.



3.4.7.1 Objetivos y normas para la preparación de la cavidad del acceso:

- 1.- Eliminar toda la caries existente
- 2.- Conservar la estructura dental sana
- 3.- Abrir totalmente la cámara pulpar
- 4.- Eliminar todo el tejido pulpar coronal (vital o necrótico)
- 5.- Localizar los orificios de los conductos radiculares
- 6.- Lograr el acceso en línea directa o recta al agujero apical o a la curvatura inicial del conducto.

El acceso en línea recta es lo ideal para desbridar todo el espacio del conducto, reduciendo el riesgo de fractura de limas.

La anatomía interna determina la forma de acceso, para dar el primer paso es necesario visualizar la posición del espacio de la pulpa dental, esta visualización se hace por medio de la radiografía diagnóstica ayudando a estimar el grado de calcificación de la cámara, número de raíces, conductos y la longitud aproximada de los conductos.

De forma tradicional, las cavidades de acceso se han preparado en relación con la morfología oclusal sin embargo no siempre es la mejor opción ya que esta puede variar por la oclusión, restauraciones o la raíz puede no ser perpendicular a la corona dental.

Fig.35

3.4.7.2 Evaluación de la anatomía de la unión cemento esmalte

Krasner y Rankow encontraron que la unión cemento- esmalte (UCE) era la marca anatómica más importante para determinar la localización de las cámaras pulpares y los orificios de los conductos radiculares, propusieron cinco normas de la anatomía de



la cámara pulpar para determinar el número y localización de los orificios en el suelo de la cámara.

Centralidad: El suelo de la cámara pulpar se localiza en el centro del diente a nivel de la UCE.

Concentricidad: Las paredes de la cámara son siempre concéntricas a la superficie externa del diente a nivel de la UCE. (La anatomía de la superficie radicular externa refleja la anatomía de la cámara pulpar interna)

Localización de la Unión entre cemento y esmalte: La distancia de la superficie externa de la corona clínica a la pared de la cámara pulpar es la misma en toda la circunferencia de diente a nivel de la UCE, con lo que es el lugar más repetido para localizar la posición de la cámara pulpar.

Simetría: Excepto en los molares superiores, los conductos son equidistantes a una línea dibujada en la dirección mesiodistal a través del suelo de la cámara pulpar. En molares superiores los conductos están situados en una línea perpendicular a la línea dibujada en posición mesiodistal en el suelo de la cámara pulpar.

Cambio de color: el suelo de la cámara pulpar siempre tiene un color más oscuro que las paredes.

Localización del orificio: Los orificios de los conductos radiculares están localizados en los ángulos de la Unión suelo pared y siempre al final de las líneas de fusión del desarrollo de las raíces.

A menudo la forma del acceso puede modificarse para facilitar la localización de los conductos y realizar el tratamiento, pero antes de entrar en el sistema de conductos radiculares debe eliminarse completamente caries y las restauraciones defectuosas para identificar caries o fracturas ocultas, es más fácil aislar el diente antes de entrar estructura dental sin soporte tiene que ser eliminada para evitar que el diente se fracture durante el procedimiento.

El diseño del acceso depende no solo de la localización de los orificios, sino también de la posición y curvatura de todo el conducto, las paredes del conducto deben guiar el



paso de los instrumentos hacia el interior del conducto, direccionar al instrumento de manera errónea puede llevar a una perforación radicular.

3.4.7.3 Fase mecánica de la preparación de la cavidad de acceso

Se requiere del siguiente equipo:

- Adecuada magnificación y una correcta iluminación
- Contrángulos/ Turbinas
- Fresas
- Exploradores endodónticos
- Cucharilla operatoria endodóntica
- Unidad y puntas de ultrasonido

3.4.7.4 Contrángulos/ Turbinas

Es requerido el uso de turbinas para las preparaciones de acceso difíciles, especialmente las que tienen la cámara pulpar calcificada y retenida.

3.4.7.5 Fresas

Las fresas de **diamante redondas** (801-14 y 801-16) son las más comunes para iniciar el acceso, se emplean para penetrar esmalte, cuando el órgano dental no tiene mayor destrucción. Fig.36

Las fresas de **carburo redondas** (FG2 y FG4) se utilizan para eliminar caries y crear una forma inicial, para penetrar a través del suelo de la cámara pulpar y eliminar el techo cameral. Fig.37

Las fresas **Endo z** son la elección más segura para las extensiones de la pared axial, se pueden usar para extender y orientar las paredes axiales de la cámara pulpar. Fig.38



3.4.7.6 Exploradores endodónticos

El explorador Operatorio N° 17 tiene la utilidad de detectar los posibles restos de techo de cámara pulpar. Fig.39 El explorador endodontico DG-16 se usa para identificar orificios de conductos y determinar la angulación del conducto. El explorador JW-17 sirve para el mismo fin pero su punta más fina y rígida es más útil para la identificación de conductos calcificados. Fig.40

3.4.7.7 Cucharilla operatoria endodóntica

La cucharilla endodóntica se puede utilizar para eliminar pulpa de la corona y dentina cariada. Fig.41

3.4.7.8 Forma de conveniencia en la penetración

La cámara pulpar de los dientes posteriores está colocada en el centro del diente, a la altura de la unión entre cemento y esmalte. En los molares superiores e inferiores es una línea la que conecta los vértices de las cúspides mesiales.

Rara vez se encuentran cámaras pulpares mesiales a esa altura, un buen límite distal inicial para los molares superiores es la cresta oblicua. Para los molares inferiores, la frontera distal inicial es la línea que conecta los surcos vestibular y lingual. La localización correcta del comienzo se encuentra en el surco central, a mitad de camino entre los límites de preparación mesial y distal.

La penetración a través del esmalte en la dentina (aproximadamente 1mm) se realiza utilizando una fresa de diamante redonda 801- 14 y 801- 16 Fig.36. La fresa va dirigida de manera perpendicular a la cara oclusal, y se crea una forma del contorno inicial entre la mitad y tres cuartas partes del tamaño final proyectado.



La forma en el molar es oval inicialmente, más amplia en la dimensión mesiodistal para los inferiores. La forma final en molares es triangular (Para tres conductos) o romboidal (para cuatro conductos), hasta que se hayan localizado los conductos se debe dejar con forma oval.

Con la fresa de carburo redonda FG2 y FG4 Fig. 37 se cambia el ángulo de penetración desde perpendicular a la cara oclusal, hasta el ángulo apropiado para penetrar a través del techo de la cámara pulpar. En molares el ángulo de penetración debe hacerse hacia el conducto más grande, ya que el espacio de la cámara pulpar suele tener mayor tamaño en el punto justo oclusal al orificio de este conducto. Por tanto en los molares superiores, el ángulo de penetración se dirige al orificio palatino, mientras que los molares inferiores se dirigen al orificio distal.

Con esta misma fresa podemos eliminar el techo de la cámara pulpar, incluyendo los cuernos pulpares. El objetivo es canalizar las esquinas de la cavidad de acceso directamente en los orificios.

Para eliminar el techo, socavar las paredes internas y crear simultáneamente la forma de contorno externo deseado se utilizan fresas Endo z estas tienen punta de seguridad la cual podemos asentar en el suelo de la pulpa para modelar la pared axial, con poca o ninguna presión apical. Fig.38

En dientes posteriores, los orificios de los conductos interpretan un papel importante para determinar la extensión final del contorno externo de la cavidad de acceso. Es el caso ideal, los orificios están localizados en las esquinas de la preparación final para facilitar el proceso de conformación y limpieza. En el interior, la cavidad de acceso debe tener todos los orificios colocados por completo en el suelo de la pulpa, y no se debe extender en una pared axial. La extensión de un orificio en la pared axial crea un efecto de ratonera, que indica su extensión interna e impide el acceso en línea recta. En tales casos, el orificio debe ser recolocado en el suelo de la pulpa, libre de la interferencia de las paredes axiales.



3.4.7.9 Eliminación de los rebordes de dentina cervical y ensanchamiento de los orificios y la parte coronal

Los rebordes cervicales son salientes de dentina que muchas veces sobresalen de los orificios en los dientes posteriores, con lo que restringen el acceso a los conductos radiculares y acentúan las curvaturas de los conductos existentes. Se pueden desarrollar desde las paredes mesial, distal, vestibular y lingual hacia el interior. Esos rebordes se pueden eliminar mediante fresas o instrumentos ultrasónicos. Una vez eliminadas las salientes, el orificio y la porción coronal se pueden ensanchar con limas aguzadas de NiTi, fresas Gates- Glidden, conforme se agranda el orificio, se le deberá dar conicidad y fusionarse con la pared axial, de forma que el clínico pueda deslizar el instrumento desde la esquina de la forma del contorno externo hacia abajo por la pared axial hasta el orificio, sin encontrar interferencias. ⁽²⁰⁾

3.4.8 Acceso en Molar Inferior

3.4.8.1 El punto de elección

Para la apertura coronaria se localiza en la cara oclusal, en la fosa central.

3.4.8.2 La penetración inicial

Es realizada cuando la cavidad pupar tiene dimensiones normales con una fresa esférica N°4 en alta velocidad, se aplica el punto inicial, con una inclinación suave y se dirige de modo que pueda alcanzar la parte más voluminosa de la cámara pulpar, que se localiza en general sobre la entrada del conducto distal. Esta dirección es para evitar que la fresa toque el piso de la cámara pulpar y altere su convexidad natural.

La fresa en esta posición debe presionarse en forma intermitente para perforar las estructuras de la corona hasta alcanzar la cámara. Cuando la distancia entre el techo y el piso de la cámara pulpar fuese muy reducida, debe procederse con cautela para no



dañar el piso con la fresa, con una fresa esférica del tamaño adecuado remover la dentina por capas y avanzar poco a poco hasta llegar a la cavidad pulpar.

3.4.8.3 Forma de conveniencia

La ideal es la de forma de un trapecio, con la base mayor hacia mesial y la base menor hacia distal (en Inferiores), obtendremos la eliminación del techo de la cámara. A partir de la perforación inicial, con movimientos de tracción, la fresa se lleva en el sentido de las cúspides mesiales hasta remover el techo que cubre los divertículos en esa área.

3.4.8.4 Rectificación de paredes

Concluida la apertura es indispensable rectificar con la sonda exploratoria angulada, la existencia de remanentes del techo de la cámara pulpar, en especial en los ángulos del trapecio, una vez ubicados deben eliminarse.

Por último, con una fresa Batt, Endo Z o similar dar a las paredes de la apertura una divergencia leve hacia la cara oclusal. ⁽¹⁹⁾ Fig.38



4.- ANTECEDENTES

En artículo titulado como " Simulador de endodoncia para entrenar el acceso a la cámara pulpar y las tareas de preparación del canal radicular" describe el autor Cuentos Nereu Colider, la utilidad de la simulación para dominar las técnicas a emplear antes de estar ante los pacientes reales. Esta investigación presenta a un simulador de realidad virtual para realizar accesos a la cámara pulpar y preparar el conducto radicular. El simulador de formación dental Moog Simodont se compone de Hardware y software específico en la que el estudiante puede visualizar los modelos y manipular los instrumentos rotatorios con precisión, sin embargo su elevado costo y la necesidad de gran espacio físico son obstáculos para su uso. Buscando soluciones a menor costo está HapTEL un simulador basado en un dispositivo háptico Novit Falcon con 3DOF y adoptado para capturar las rotaciones de una fresa dental. Este simulador permite realizar el acceso endodóntico y trabajar en los conductos, aunque no tiene la misma fuerza a su uso. Se ocuparon dos tipos de fresas para la tarea del acceso una fresa esférica para realizar una pequeña apertura en la corona del diente hacia la cámara pulpar y luego una fresa Endo -z para eliminar el esmalte y dentina del techo de la cámara pulpar, para que permita utilizar los instrumentos endodónticos sin interferencias. La correcta aplicación de la presión sobre los instrumentos y la dirección elegida para la apertura son factores que determinan el éxito para el tratamiento. Para realizar la instrumentación de los conductos se realiza la odontometría que consiste en medir la distancia entre la corona y la punta de la raíz del diente mediante una imagen de rayos X. Después de la medición, el usuario debe especificarlos en la ficha, así evitamos que la raíz sea perforada y llegue a encía. A continuación el usuario debe eliminar el material dentro del diente aplicando movimientos rotatorios y oscilatorios a la lima. En conclusión, el simulador Falcon ayuda a los estudiantes a repetir la formación varias veces sin perder material. Durante la simulación el dispositivo



almacena todas las acciones realizadas por el usuario y visualizar al finalizar las acciones, comprobando las técnicas. ⁽²¹⁾

En el artículo realizado por Ioannis Marras, titulado “Un sistema virtual para la preparación de cavidades en endodoncia” nos habla acerca de la aplicación de un sistema virtual en 3D construido a partir de datos anatómicos que pueden adaptarse a las características de un paciente utilizando fotografías faciales o datos en 3D. Se realizó este estudio en el sistema del simulador en donde una vez finalizada la carga del modelo del diente con alto nivel de detalle, el usuario puede continuar a realizar un tallado del diente para ello la aplicación dispone de las presentaciones, se han utilizado formas básicas de fresas, una esférica, una cilíndrica y una cilindro cónica, cuyas formas y dimensiones coinciden con las disponibles en el mercado y compañía de esta aplicación. El Phantom Deskshop es un dispositivo háptico de seis grados de libertad con detección de posición y retroalimentación de fuerza que se ha utilizado para este fin con este dispositivo háptico el usuario puede realizar perforaciones dentales mientras detecta las fuerzas de contacto y resistencia, el valor de la fuerza viene determinado por las propiedades de rigidez, fricción, estática y dinámica. El diente que ha sido sometido a una operación de perforación dental puede guardarse en forma volumétrica como una serie de secciones transversales o como una representación de superficie como una malla triangular el usuario puede habilitar mediante las gafas para obtener una sensación de profundidad en la escena, además la aplicación permite opciones de transparencia para visualizar ciertas partes de modelo semitransparentes, este es una opción útil que permite al usuario observar la anatomía del sistema de conductos radiculares durante la preparación virtual de la cavidad endodóntica.

Recientemente se han introducido algunos sistemas de entrenamiento de la preparación de cavidades basados en la realidad virtual, en el campo de la educación e investigación dental, el sistema se compone de una unidad dental real, una cabeza de maniquí y un sistema de seguimiento de un software que permite al estudiante ver



los resultados de la preparación de la cavidad, en la cabeza de maniquí en modelos 3D presentados en un monitor de ordenador y compararlos con resultados de una preparación óptima, otros sistemas se incluyen un diente virtual en 3D y un dispositivo háptico Phantom que permite al alumno realizará el tallado virtual mientras recibe la información de fuerza adecuada, los sistemas descritos funcionan con dientes independientes y se centran en proporcionar una simulación realista de la eliminación del material, representando una fuerza realista el fresado se realiza mediante modelos volumétricos superficiales de dientes en 3D obtenidos a partir de cortes transversales en serie de dientes naturales, además de utilizarse como herramienta de formación para estudiantes el sistema también puede ayudar a los dentistas experimentados a planificar la intervención clínica del fresado de los dientes familiarizándose con la anatomía individual del paciente, identificando puntos de referencia, planificando el enfoque y decidiendo la posición ideal de la actividad clínica real. En conclusión el simulador aquí descrito tiene el potencial de ser una herramienta educativa y de investigación muy prometedora que permite al usuario practicar el tallado Virtual de dientes para la preparación de cavidades endodónticas y otros procedimientos relacionados en modelos de dientes, además el usuario puede guardar la secuencia de operaciones de fresado en un archivo y volver a aplicarla, así los usuarios inexpertos cometen un error durante el procedimiento de fresas virtual pueden deshacer los últimos pasos y continuar la dirección correcta; este trabajo se ha centrado en desarrollar la parte visual de la aplicación los trabajos futuros, se centra en el desarrollo de modelos de fuerza y eliminación del material realista y físicamente precisos que tengan en cuenta todos los factores implicados. ⁽²²⁾



En el artículo “Acceso a la formación en preparación de cavidades mediante la realidad virtual háptica y modelos dentales de tomografía microcomputada.” Por S. Suebnukarn, nos habla acerca de evaluar la efectividad del entrenamiento con simulador de realidad virtual háptica, utilizando modelos dentales de tomografía microcomputadora para minimizar los errores de procedimiento de la preparación de accesos endodónticos los estudiantes de cuarto año de odontología, se sometieron a una evaluación previa a la capacitación de la preparación de la cavidad de acceso de un molar superior extraído, montado en una cabeza fantasma, luego los estudiantes fueron asignados aleatoriamente para capacitarse con modelos de dientes micro computado con simulación de realidad virtual háptica o dientes extraídos en una cabeza fantasma 16 y 16. La capacitación fue de 3 días y la principal medida de resultados fueron los errores de los procedimientos evaluados por un experto, sesgado al alumno, el resultado secundario fue la pérdida de la masa dental y el tiempo de finalización de la tarea, se utilizó la prueba de wilcoxon para examinar las diferencias entre las puntuaciones de error, antes y después del entrenamiento se utilizó la prueba de Whitney para detectar cualquier diferencia entre los grupos de entrenamiento de realidad virtual con háptica y de entrenamiento con cabeza fantasma, se utilizó una prueba independiente para hacer una comparación de la masa dental extraída y el tiempo de finalización de la tarea entre los grupos de entrenamiento con realidad virtual háptica y de cabeza fantasma los resultados fue que el rendimiento posterior al entrenamiento había mejorado en comparación con el rendimiento previo al entrenamiento en las puntuaciones de error de ambos grupos, sin embargo la reducción de la puntuación del error entre el simulador de realidad virtual háptica y el grupo de entrenamiento convencional no fue significativamente diferente, el grupo del simulador de realidad virtual háptica disminuye significativamente la cantidad de volumen de tejido perdido. En conclusión, el entrenador de realidad virtual háptica y el entrenamiento con simuladores de cabeza fantasma convencional tuvieron efectos equivalentes en la



minimización de errores de Procedimientos en la preparación de la cavidad de acceso endodóntico. ⁽²³⁾

En el artículo realizado en agosto del 2014 titulado “Simulación háptica de realidad virtual de la terapia de conducto radiculares” a cargo de la Universidad islámica Azad y la Universidad de formación del profesorado Rajaei, nos habla acerca de un simulador háptico de realidad virtual para el tratamiento de conducto radicular, en donde se extrajo un modelo de mandíbula virtual a partir de datos de tomografía de un paciente vivo y datos volumétricos obtenidos que se visualizaron utilizando el algoritmo de Marching cubes. Desarrollaron utilizando un enfoque basado en voxels el simulador háptico Omin Phantom en el cual, el usuario puede fresar el esmalte y la dentina hasta llegar a la cámara pulpar y luego se puede limpiar la superficie interna de un conductor radicular utilizando una Lima K Simula la deformación de las limas k en la superficie interna del canal dentario, basado en la física el método se utiliza para resolver dinámicamente el modelo de instrumentación en tiempo real, se espera que esta investigación ayude a mejorar la formación en el campo de la endodoncia. ⁽²⁴⁾

En el artículo “Modelización dinámica y validación experimental para la simulación endodóntica interactiva” a cargo de Min lili y Yun- Hui Liu, este artículo presenta una investigación de las fuerzas generadas en un curso de operaciones de modelado endodóntico y se discutieron los problemas desafiantes del modelado, basándose en propiedades y limitaciones asociadas en el tejido pulpar, en el entorno virtual se ha implementado con interfaces gráficas.

La endodoncia no ha recibido tanta atención en el área de simulación a comparación de otros campos médicos. Este equipo de investigación se centra en explorar metodologías para simular eficazmente las operaciones de modelado endodóntico basándose en primer lugar en que no había un antecedente de modelado endodóntico, fue necesario investigar el mecanismo de modelado y analizar las características de las



fuerzas resultantes, en segundo lugar fueron consideradas las propiedades especiales de tejido pulpar y de las limas endodónticas, así como de las características de fuerzas resultantes en las operaciones del modelado endodóntico, la interacción tejido- lima para simular esta operación Y por último el desarrollo de interfaces gráficas y ópticas del sistema virtual que tiene la capacidad de proporcionar retroalimentación visual y háptica, fue por ello que diseñaron el novedoso sistema robótico de medición endodóntica REMS . En conclusión se realizó un nuevo simulador especializado en endodoncia en donde aparte de interactuar con la morfología externa e interna del diente se especializó en el la preparación del conducto, en dónde estaban disponibles limas k, había un nivel de realismo al tallar la lima con las paredes, la dentina remanente y la deformación de la lima. ⁽²⁵⁾

En 2018 el Dr. Sandaram publicó "3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics" en donde en este interesante artículo nos habla acerca de cómo los simuladores hápticos pueden ayudar en el desarrollo de la competencia en endodoncia mediante la adquisición de habilidades psicomotoras. Los simuladores hápticos son sistemas informáticos que crean simulaciones virtuales interactivas en 3D de dientes y piel imitando probables desafíos de varios tratamientos, proporcionando una experiencia sensorial en tiempo real, estos simuladores se basan en el intercambio de información digital entre elementos 3D, tecnologías de planificación virtual y/o impresión en 3D.

En el área de endodoncia recientemente se usa de manera más rutinaria la tomografía computarizada de haz cónico, con esto se puede realizar un diagnóstico más completo con otras especialidades, también debido a la reciente introducción de los mecanismos 3D en la simulación existe una escasez de publicaciones con respecto a endodoncia.

Esta revisión se basa en la preparación de acceso y cirugía peri radicular en endodoncia.



De los modelos impresos en 3D lo que tenemos son los modelos de yeso, sin embargo pueden reproducir la situación externa del paciente y guardar un registro, analizar las dificultades en gestión, sin embargo no podemos observar la anatomía interna del diente, además de que requieren un almacenamiento delicado, los modelos de yeso 3D pueden cumplir las mismas funciones, el archivo digital se puede reproducir fácilmente almacenando e intercambiando electrónicamente. Se puede utilizar modelos impresos en 3D en endodoncia como ayuda para que el alumno mejore su comprensión en cuestión de morfología de dientes, raíces y conductos, puede simular los accesos a la cavidad y preparación del conducto radicular.

La mayoría de los dispositivos hápticos proporcionan 6 grados de libertad (DOF) para la ubicación espacial pero 3 DOF para la fuerza y orientación, lo que limita el realismo. Ejemplos de dispositivos hápticos: eomagic® Touch™ y Touch™ X (3DSystems Inc., Rock Hill, SC, EE. UU.) Anteriormente conocido como PHANTOM® Omni y PHANTOM® Desktop, respectivamente, y Virtuouse™ 6D Desktop (Haption SA, Soulgé-sur-Ouette, Francia).

Los simuladores pueden crear anatomía oral virtual y facilitar los procedimientos con la visión en tiempo real, el sistema táctil y retroalimentación auditiva. Los simuladores hápticos dependen de software especializado para generar una simulación virtual 3D con interacciones hápticas. El software se basa en la operación e interacción de dos procesos: gráficos y representaciones hápticas en los que se utilizan algoritmos complejos. Los dispositivos disponibles comercialmente proyectan un espejo semitransparente en el que varían los ángulos de visión, también pueden tener una variedad de accesorios para mostrar el material didáctico. Dos ejemplos de simuladores hápticos, Entrenador dental Simodont® (Moog Inc., East Aurora, NY, EE. UU.) Y el sistema Voxel-Man® (Voxel-Man Group, Hamburgo, Alemania). Las ventajas de los simuladores hápticos incluyen el refuerzo de la docencia académica, adquisición de habilidades psicomotoras, posicionamiento ergonómico, oportunidades ilimitadas de practicar, variedad de estado patológico, autoevaluación, ausencia de generación de



residuos. Sin embargo comercialmente los dispositivos son caros.

Los procedimientos en endodoncia requieren que el operador tenga la capacidad de interpretar radiografías, habilidades manuales, tener coordinación ojo- mano, por lo tanto para la utilización de los simuladores en endodoncia, el simulador tiene que ofrecer una alta gama de materiales, así como simulación realista de los procedimientos, sin embargo solo es posible realizar la cavidad de acceso, posibilidad de preparación, osteotomía y resección del extremo radicular, incluido en simuladores como: VirTeaSy Dental® (HRV, Laval cedex, Francia) y Simodont® Entrenador dental. Estudios afirman que pueden ser una herramienta de aprendizaje, sin embargo estos estudios se basaron en un grupo pequeño de participantes, análisis subjetivos y con falta de control. ⁽²⁶⁾

La investigadora Carmen Álvarez Quesada nos afirma en su artículo “Las nuevas unidades de simulación como garantía de una enseñanza de calidad” publicado en 2019 en la revista Gaceta dental que el uso de simuladores es un apoyo en la medida en la que los estudiantes van adaptando y mejorando sus habilidades, actitudes y aptitudes, a la par con su seguridad y positivismo en su proceso de formación.

En este estudio experimental se llevó a cabo por alumnos de la misma universidad en la que todas las clases prácticas fueron impartidas por el mismo grupo de profesores durante el curso 2017–2018, se dividió en 4 grupos, uno hablaba español, otro inglés, uno de alumnos de la tarde y mañana. Se efectuaron tres ejercicios por cabeza, cuyos objetivos fundamentales fueron enseñar a los alumnos el uso de los instrumentos rotatorios, la postura B.H.O.P.

Los ejercicios fueron ordenados acorde del criterio de complejidad ascendente:

- 1.- Eliminación de material marrón con pieza rotatoria en visión directa
- 2.- Eliminación de material marrón con pieza rotatoria con agua, en visión directa
- 3.- Eliminación de material marrón con pieza rotatoria con agua, espejo de visión indirecta



Cada estudiante obtuvo el manual de instrucciones, el manejo de unidades de simulación hápticas de Simodont® y una ficha en donde describe los objetivos y competencias básicas del uso de esta herramienta, se les entregó en inglés y español. Las sesiones con los alumnos se realizaron en grupos de 14 personas en donde 7 realizaban la práctica y los restantes 7 observaban, intercambiando roles. Al terminar los alumnos relataron sus sensaciones y fueron evaluados por un profesor realizando un checklist de requisitos como el uso de barreras de protección.

El ejercicio consistió en la realización de una cavidad dentro de una forma cilíndrica tridimensional (3D), eliminando el material de la porción central (en color marrón), y realizando, paralelamente, un adecuado diseño de paredes y suelo mediante la selección adecuada de los instrumentos dispuestos en la bandeja virtual de los simuladores. Se les facilitó el instructivo e indicó una tarea, yendo de lo simple a complejo. El resultado de la complejidad estuvo en la tarea, no en el uso del simulador. (27)

El siguiente artículo publicado por el Dr. Mahmoud Bakr en el año 2016 por la revista International Journal of Dentistry and Oral Health centró su objetivo en evaluar la percepción de los estudiantes de cuarto y quinto año de la facultad de odontología de Griffith University, Australia en el simulador Simodont®. Veinticuatro alumnos de cuarto y quinto año de la facultad fueron voluntarios, la evaluación se realizó mediante el uso de un pre- experimental y un cuestionario, el cuestionario experimental fue diseñado por los asesores educativos de ACTA, mientras que el pos experimental por miembros del equipo de investigación.

Los alumnos recibieron una presentación sobre el simulador durante 10 minutos, una breve descripción del estudio, luego se les permitió familiarizarse con el simulador y realizar el examen pre experimental. La tarea experimental fueron ejercicios de destreza manual similares, los participantes no recibieron comentarios sobre su desempeño durante la evaluación experimental, se brindó apoyo técnico al proporcionar



información sobre el funcionamiento del simulador, posteriormente se les pidió que completaran el examen post experimental que contenía dieciséis preguntas, detallando el nivel de realismo en escala de Likert de cinco puntos.

Los cuestionarios arrojaron como resultados una alta fiabilidad en el sistema, no existieron diferencias significativas de los estudiantes de cuarto y quinto año, ambos grupos coincidieron con la emoción de trabajar con el simulador. Los alumnos de quinto año evaluaron al simulador como una herramienta útil en la destreza manual, mientras que los de cuarto año lo complementarían con asesoría de algún profesional. (28)

Los autores Marjoke Vervoorn J y Paul R Wesselink, en su obra publicada para ACTA en 2006 “Nivel de realismo en la percepción del Simulador dental Simodont®” nos hablan acerca del beneficio que tiene la odontología con los avances en realidad virtual, ya que una proporción significativa de la educación odontológica preclínica se dedica a la enseñanza de la psicomotricidad. El Simodont® consiste en un brazo robótico de retroalimentación de fuerza conectando al software de tal manera que cada movimiento del brazo se visualiza en una pantalla, se ha desarrollado para reemplazar las condiciones de laboratorio tradicional en un entorno de aprendizaje virtual realista. El simulador contiene dos bucles separados, bucle háptico y bucle de gráficos, un modelo de superficie representa los dientes, la detección de cortes se ejecuta junto con el bucle háptico de manera que permite calcular la fuerza realista y simular el corte a solo 1 milisegundo. La velocidad de la turbina está regulado bajo el control de un pedal y la fuerza ejercida por el operador sobre la turbina, que impulsa un módulo de sonido integrado que reproduce fielmente el sonido de una turbina dental.

Se realizó un estudio en el que participaron 10 profesores del campo preclínico y 25 profesionales familiarizados con la forma tradicional de trabajo en preclínica así como en condiciones clínicas reales, se llevó a cabo la perforación en el simulador y finalmente completaron un cuestionario en el que los resultados fueron los siguientes; Los profesores fueron bastante positivos con el realismo general del sistema y los



odontólogos fueron más críticos acerca de la fuerza táctil, ambos grupos estaban muy satisfechos con la imagen y con el sonido de simulación, ambos grupos concluyeron con estar de acuerdo con que el sistema era suficiente para reemplazar parte de la formación tanto preclínica como clínica tradicional.

Se concluyó que el simulador tiene el potencial de convertirse en una herramienta de aprendizaje bien aceptada para la formación preclínica y la educación continua. ⁽²⁹⁾

El artículo publicado en 2010 por el Dr. Dirk Bakker y colaboradores, titulado "Transferencia de las habilidades manuales adquiridas en el Simodont, un entrenador háptico dental con un entorno virtual, a la realidad: un estudio piloto".

El simulador Simodont® es un robot que permite una retroalimentación conectando el software una serie de elementos como visualizar avances y movimientos, situación que no lo permite el método tradicional. Simodont® es un modelo visual en donde se puede observar las estructuras simuladas en 3D además del sistema háptico que incluye permitiendo tener sensaciones reales a través de algoritmos. Este estudio piloto fue llevado a la práctica en 28 estudiantes de primer año que no estaban relacionados con ningún método de trabajo, 18 fueron mujeres y 10 hombres, se dividieron en 3 grupo: 8 estudiantes fueron el grupo control (grupo1), 10 fueron expuestos al método tradicional en simuladores de cabeza fantasma y dientes de plástico (grupo 2) y 10 realizaron las prácticas en el simulador Simodont® (grupo 3).

El grupo 2 y 3 realizaron ejercicios que estuvieron limitados en tres horas y media fueron tres sesiones, posteriormente la tarea fue realizar un corte circular preciso, siendo evaluados desde el procedimiento, tamaño, preparación así como inclinaciones de esta. Los datos se analizaron de manera anónima por un cuestionario realizado por los observadores en escala de Kruskal- wallis, en donde se evalúan 4 puntos (25%, 25-50%, 50-75%, más de 75%).



Los resultados especificaron que no hubo un cambio significativo en el tiempo de realización, los estudiantes control no mejoraron durante las tres pruebas, sin embargo hubo un mejor desempeño después de la segunda prueba en los otros grupos.

En conclusión la práctica fue útil para alcanzar el desempeño deseado enfrentándose a cualquier método, en comparación con el ámbito tradicional Simodont® ofrece mayores ventajas como patologías o instrumental.

Un hallazgo interesante fue que los estudiantes que practicaron en Simodont® tuvieron una posición ergonómica más deseada, en comparación con el grupo 2. ⁽³⁰⁾

En este artículo que Dr. Mohmmoud Bakr y colaboradores nombraron Evaluación académica del simulador de formación dental de realidad virtual 3D Simodont®, publicado en el año 2012. Se llevó un análisis experimental en el que participaron once miembros del personal académico se ofrecieron de voluntarios en la Universidad Griffith para participar en este estudio y evaluar la fidelidad de diferentes aspectos de este entrenador dental Simodont®. Se les pidió a los participantes que completaran un cuestionario experimental, incluyeron ejercicios de destreza manual, ejercicios de un solo diente y de toda la arcada. Al finalizar también tenían que llenar un cuestionario, en donde describían ventajas, desventajas y limitaciones de Simodont®.

Los resultados en la fase pre experimental los profesores de la facultad se mostraron neutrales con el simulador, en estadística post experimental mostraron decepción en la técnica al usar el simulador, pero útiles para los alumnos en proceso de formación.

El 80% mostro problemas técnicos con la textura simulada de los tejidos duros. 70% les gustó la evaluación los comentarios educativos fueron positivos, el 50% creen que el método parece a manera de juego, creyendo que esto puede motivar a os alumnos, 40% concluyo que Simodont® puede dar confianza a los alumnos para entrar a clínica, el 20% creen que funciona para el desarrollo psicomotor apropiado.

Se considera positivo el uso del simulador. ⁽³¹⁾



El siguiente estudio titulado "Simuladores hápticos con entornos de realidad virtual en la enseñanza odontológica: Un diagnóstico docente preliminar" publicado en 2017 por la Dra. Gleyvis Coro Montanet y colaboradoras, se enfocaron en evaluar la facilidad y relación de uso del simulador conforme a la edad, no fueron evaluados aspectos didácticos. Se realizó un estudio de encuesta a 45 instructores en ejercicio profesional, estuvieron expuestos al simulador durante 30 minutos y se realizó un cuestionario evaluado con escala de Likert. Los encuestados eran 18% profesores clínicos, 36% profesores preclínicos. Eran menores de 50 años, el 50% tenían entre 40 y 49 años, el 72% eran menores de 40 años. Tuvieron 19 indicaciones y la relación de variables refleja que a medida que la edad aumenta, la facilidad del uso de Simodont® disminuye.

A pesar de las dificultades de uso evaluaron de manera positiva el uso del simulador Simodont®, como aporte formativo. Se acentúa que la tecnología que se introduce incluso para la generación nacida después de 1980, en los llamados nativos digitales, también evoluciona la educación incluyendo nuevas tecnologías, con alternativas interactivas. ⁽³²⁾

El Dr. Marcelo Fernandez Sagredo y colaboradores, en su reciente publicación "Percepción de la utilidad de los simuladores virtuales hápticos en educación odontológica por estudiantes, profesionales y académicos" evaluaron observacionalmente la percepción de la utilidad de la simulación virtual por estudiantes, profesionales y académicos en educación odontológica, se realizó de manera descriptiva y cuantitativa, incluyendo a 127 participantes (estudiantes de odontología, profesionales y académicos). Se elaboró un estudio preclínico con forma de cruz durante 5- 10 minutos y posteriormente una cavidad clase II Black en el simulador virtual Háptico en 3D.

Finalmente elaboraron un cuestionario de 12 preguntas a cerca de la utilidad del simulador dental y las respuestas se evaluaron estadísticamente, valoraron positivamente su experiencia con los simuladores virtuales hápticos, su utilidad como



herramienta de enseñanza en el desarrollo de habilidades manuales y de realismo de sensación, con una mejor retroalimentación. El 60% eran estudiantes de cuarto, quinto y sexto año, 10% odontólogos profesionales y el 30% odontólogos y académicos de la facultad. Fueron evaluados en la escala de Likert, 25 participantes consideraron que faltaba apoyo para la mano, 15 señalaron tener problemas de orientación espacial en 3D, nueve opinaron que no puede reemplazar las actividades tradicionales, cinco consideraron que necesitaban más tiempo de práctica, cuatro dijeron que es buena herramienta tecnológica y tres experimentaron mareo y dolor de cabeza. Históricamente se usaron cabezas de maniquí con dientes de cadáver en desuso hoy en día por problemas éticos y legales, lo que han forzado a incorporar dientes artificiales plásticos o de marfilina para el desarrollo de estas habilidades, pero presentan también como desventaja: que no hay similitud con la sensación táctil y dureza, y además de poder usarse solo una vez. En los últimos años la tecnología ha contribuido con el desarrollo de simuladores virtuales hápticos (SVH) han permitido el desarrollo de habilidades cognitivas (recursos conceptuales), motoras (recursos procedimentales), actitudinales y de valor (recursos actitudinales). Hoy en día podemos utilizar la tecnología como una herramienta didáctica activa, que posibilita al estudiante realizar actividades de la disciplina profesional de manera segura y controlada, interactuando en un entorno que simula la realidad, con elementos que colocan a los estudiantes en una situación que exige la movilización e integración de sus conocimientos y habilidades, con el fin de resolver y desarrollar las situaciones simuladas, comparando con lo que puede deparar en la práctica clínica. ⁽³³⁾

Basándose en evidencia el departamento de investigación y desarrollo educativo, a cargo del Dr. Carlos M. Serrano y sus colaboradores del centro académico de odontología de Ámsterdam (ACTA) describen las primeras experiencias con un paciente de capacitación en realidad virtual centrado (PC-VR), utilizando un escáner



intraoral, realizaron impresiones digitales de 10 pacientes, utilizando un sistema de impresión óptica intraoral tem (3, true definition Scanner; 3M, St. Paul, MN, EE. UU) se convirtieron en modelos hápticos uméricos para su visualización en el simulador dental de realidad virtual Simodont®. Cada modelo podía explorarse con mano simulada de instrumentos (Sondas dentales, mediadores de preparación y corte con distintos tipos de fresas. Finalmente fueron evaluadas las experiencias mediante una breve encuesta sobre la motivación y valor de aprendizaje en el proyecto piloto. Según los participantes, este módulo permitió una mejor preparación para procedimientos irreversibles, mejor manejo de complicaciones inesperadas y prevención de posibles daños, dando como resultado que favorecería a que se formen profesionales más competentes y seguros, principalmente en medios de estrés clínico general. Desde la perspectiva de la experiencia profesional, cada paciente es una nueva aventura única, cada uno es independiente en planificación y procedimiento, por lo tanto, este proyecto permite vivirlo sin riesgo implícito, como complemento a la formación clínica tradicional. Adicionando la creación de una biblioteca virtual de pacientes reales, ampliando la exposición clínica y hacerlo menos dependiente del suministro de pacientes. Además de la posibilidad de registrar el proceso de los alumnos basado en evidencia. Es una excelente opción, aunque las mejoras hápticas están en constante cambio y la gama de Simodont® Dental Trainer cuenta actualmente con la dureza actual de los modelos PC-VR es equivalente al esmalte virtual del sistema, anatomía interna, retroalimentación Háptica diferenciada para esmalte, dentina y caries, cada vez con mayor nivel de realismo para el futuro. ⁽³⁴⁾

Uno de los mayores retos es adaptarse y ajustarse al continuo desarrollo de la tecnología y su aplicación en el ámbito dental. Como describen los autores Nicola U. Zitzmann y colaboradores en su artículo publicado el 7 de mayo 2020, “Educación digital de pregrado en odontología” nos hablan acerca del impacto logrado en la educación odontológica a partir de la digitalización, abordando varios aspectos como la



transferencia de conocimientos basados en la web, diagnóstico mediante 3D, imagenología y radiografía digital, formación dental con simuladores dentales, creación de prototipos. El objetivo de este estudio fue:

- 1.- Investigar el nivel actual de implementación de tecnología digital en educación dental.
- 2.- Descubrir las mejoras en la calidad educativa que resultó de la digitalización en el plan de estudios.

Se identificaron 211 artículos los cuales se clasificaron en el siguiente orden:

- 1.- Transferencia de conocimientos aprendizaje en línea basado en la web.
- 2.- Cartografía digital de superficies.
- 3.- Habilidades motoras del simulador dental.
- 4.- Impresión en 3D y creación de prototipos.
- 5.- Radiografía digital.
- 6.- Encuestas relacionadas con la penetración y aceptación de evaluación digital.

La digitalización en la educación dental se usa desde que la realización de registros y evaluaciones, al intercambiar documentos y expedientes de manera virtual, incluso al lograr una comunicación a distancia entre el personal. Actualmente los estudiantes especialmente los millenials, esperan servicios que trabajen al instante, para realizar sus actividades diarias de manera eficiente y automática. Esta pandemia que inicio en 2019 por coronavirus provocó el cierre de escuelas de odontología en todo el mundo y destacó canales alternativos de educación. Especialmente en el campo de la formación de habilidades motoras, Softwares con los que es posible evaluar y mejorar la calidad de la educación. Hoy en día los estudiantes están preparados para la odontología digital, creciendo en lo digital, se adaptarán fácilmente para un mejor desempeño, en este tiempo de transición de la enseñanza debemos definir nuevos estándares para la educación dental. La digitalización no puede sustituir los métodos convencionales pero si llevarnos a un mejor lineamiento profesional. Es una oportunidad para transmitir el aprendizaje de una manera más entusiasta, siendo regla "solo puedes enseñar lo que



eres capaz de realizar tú mismo". Es un clásico ganar- ganar entre las universidades y las empresas, equipando la escuela con los últimos modelos y actualizaciones y la industria tiene acceso a clientes potenciales. Es el caso de las colaboraciones. También esta opción brinda oportunidades de investigación para probar y analizar estos nuevos desarrollos.

En el futuro las mejores escuelas de odontología se clasificarán según su infraestructura digital, combinado con un nivel de innovación de la facultas docente. En conclusión, las herramientas y aplicaciones digitales están muy extendidas en la atención dental de rutina. Por lo tanto, deben ser considerados en los planes de estudio para preparar futuros dentistas para su vida laboral. ⁽³⁵⁾

En la facultad de odontología Roberto Beltrán de la universidad Peruana Cayetano Heredia se ha apostado por la implementación tecnológica de la mano de la capacitación docente, inaugurándose el centro de simulación virtual en estomatología más grande de Latinoamérica, como proyecto pensado a largo plazo, en donde la tecnología no busca reemplazar, sino complementar el proceso de aprendizaje como nos comenta el Dr. Edgar Quenta Silva en su artículo "Simulación Clínica, Realidad Virtual Háptica(RVH): Herramienta docente para la enseñanza en estomatología" en la universidad fueron adquiridos equipos de simulación virtual Háptica, Simodont® (MOOG) buscando del proceso de aprendizaje una experiencia mucho más eficiente, segura y amigable con el medio ambiente, con el objetivo en común de desarrollar las habilidades necesarias, la destreza manual y la adquisición de conocimiento secuencial. ·

El equipo de realidad virtual háptico, Simodont®, el cual ha sido desarrollado por Moog y el centro Académico de Odontología de Ámsterdam, brinda la capacidad Háptica (Proviene del griego "Haptos" que significa, tocar) Incorporando la experiencia 3D, que genera una dosis de emoción, se ha demostrado que cuando se agrega una experiencia al aprendizaje, la capacidad de retención se eleva exponencialmente. ⁽³⁶⁾



En el artículo "Evaluación de la introducción de un simulador virtual dental en el rendimiento de los estudiantes de odontología de pregrado en el curso de odontología operativa preclínica". El Dr. Sukhdeep Murbay y sus colaboradores evalúan el desempeño de los estudiantes universitarios estudiantes de odontología con la introducción de un simulador dental virtual dentro del plan de estudio clínico en el módulo de restauraciones directas del curso de odontología operativa utilizando métodos manuales.

Treinta y dos estudiantes de pregrado de segundo año fueron seleccionados al azar y divididos en dos grupos, el grupo 1 fueron expuestos al entrenador dental Simodont® y el grupo 2 con técnicas tradicionales. Todos los estudiantes fueron evaluados para llevar a cabo una cavidad clase I, cada preparación fue evaluada por 3 evaluadores que utilizan el enfoque manual tradicional y un software digital.

El análisis de datos fue evaluado mediante la prueba ($\alpha=0, 5$). El resultado fue; el número de estudiantes que realizaron preparaciones satisfactorias fue mayor en el grupo 1 (12/16), en comparación con el grupo 2 (7/16), en evaluación manual, grupo 1 (94/112), grupo 2 (67/112), evaluación digital, grupo 1 (96/112), grupo 2 (62/112).

No hubo diferencias significativas entre los métodos de evaluación manual y digital.

En conclusión el uso de VR mejoró significativamente el desempeño satisfactorio de estudiantes. El simulador de realidad virtual puede ser un complemento valioso en la licenciatura. En odontología, la simulación virtual ha existido durante décadas, los simuladores apoyan el desarrollo de habilidades psicomotoras y ojo, mano coordinación, junto con la economía. Son herramienta para la destreza manual y retroalimentación, también demostró se benéfica a largo plazo en tiempo de aprendizaje. Uno de los desarrollos en esta tecnología es la creación de dientes virtuales e incorporación para valorar patologías dentro de los dientes, esto permitió otro grado de realismo, potenciar el diagnóstico y una comprensión más amplia de los casos. Se han examinado varias tareas como la eliminación de caries y



tejido circundante. Se ha reportado como un aprendizaje más placentero y experiencia agradable. En sus áreas de evaluación se encuentran evaluaciones previas al ingreso, capacitación preclínica, capacitación correctiva para estudiantes más débiles y acreditación externa para licenciaturas. ·

La hipótesis nula es que la exposición VR- Simodont® dental Trainer Seguro no tiene ninguna mejora en el rendimiento. ⁽³⁷⁾

Este estudio realizado en Beijing, China en 2016 a cargo del Dr. Dangxiao Wang y su equipo de investigación nos habla acerca de la importancia de la experiencia de formación dental preclínica y la relevancia para los estudiantes en la familiarización con los procedimientos clínicos, teniendo como objetivo adquirir conocimiento de las estructuras anatómicas y dominar las destrezas sensitivo motoras. Nos hablan también respecto a la historia de los simuladores en la década de 1990, Ranta y cols. Introdujeron el concepto virtual de sistema de entrenamiento dental de realidad (VRDTS)® desarrollado por Novint Tecnologías en colaboración con la escuela de Harvard de medicina dental, para practicar preparaciones. En 2001, el prototipo del simulador quirúrgico dental de Iowa (IDSS)® fue desarrollado por la facultad de odontología de la universidad de Laboratorio de Iowa y representación gráfica de conocimiento (GROK) este simulador fue diseñado para enseñar y evaluar sutiles táctiles y habilidades quirúrgicas relevantes para la detección clínica de caries. Pero en los avances más recientes en los últimos 10 años lo que ha marcado una gran diferencia son los simuladores capaces de proporcionar inmersión de retroalimentación Háptica. Periosim® fue desarrollado por la Universidad de Illinois en Chicago e ingeniería y diseñando especialmente para periodoncia simulando operaciones típicas, este sistema está centrado en el sondaje de los diferentes tejidos al rededor del diente. La escuela de odontología Kings Collage London (KCL) desarrolló el prototipo I de aprendizaje mejorado con tecnología Háptica (Hapt-TEL™) en 2008 y el prototipo II en



2010 con la colaboración de la universidad de Reading, su sistema permite la eliminación de caries y preparación de cavidades.

El paciente Virtual (VDP)[®] desarrollado por la universidad Aristóteles de Thessaloniki, Grecia sirve para ayudar a la familiarización con la anatomía, el manejo de instrumentos y desafíos asociados con procedimientos de perforación. El prototipo del sistema VirDenT[®] fue desarrollado por Ovidius Universidad para ayudar a los alumnos con las preparaciones dentales. En la universidad de Beihang, china, wang desarrollo dos generaciones de sistemas sistema i Dental[®] que puede simular procedimientos periodontales, preparaciones, simulando un escariador. Forsslund Systems desarrollado por Forsslund[®] Systems AB en 2008 para capacitar en realidad virtual para preparaciones y extracción de muelas del juicio.

Simodont[®] Dental Trainer desarrollado por MOOG Inc., en colaboración con el centro académico de odontología Amsterdam (ACDA). Puede simular la perforación, eliminación de caries, restauraciones, coronas, preparaciones para puentes, reflejo de espejo, práctica destreza en habilidad manual, seleccionar perfiles de pacientes virtuales, realizar diagnóstico, planificar tratamientos y proporciona una evaluación.

El VOXEL-MAN[®] Dental desarrollado por la universidad Centro médico de Hamburgo. Eppendorf[®], capacita en preparaciones de cavidades y lesiones cariosas con habilidades automáticas. Puede modelar fresas de diferentes formas y es controlado por un pedal. VirTeasy dental[®] desarrollado por DIDHAPTIC (Laval, Pays de la Loire, Francia) que es un simulacro de formación en cirugía dental, diseñado para la enseñanza en implantología. Aparte de estos simuladores hay otros más con pocos informes técnicos detallados. Actualmente existen dos métodos utilizados para adquirir estas habilidades: Práctica en dongs (dientes y mandíbulas artificiales) montados en cabezas fantasmas y la práctica en pacientes reales. Los tipodontos tienen muchas limitaciones, incluidas las propiedades físicas, diferente a los dientes reales, son costosos y contaminantes. Los dientes extraídos también se pueden montar en una cabeza fantasma, pero existe la desventaja de que son difíciles de obtener.



Comparando estos métodos la forma más eficaz de entrenar es en pacientes reales, sin embargo es exponer más a los pacientes por la falta de práctica y habilidades insuficientes de los estudiantes. En los últimos años la educación en la simulación dental por computadora se ha convertido en un área de oportunidad. La realidad virtual mejorada con Háptica propone una herramienta de entrenamiento sensorio motor necesario como parte del curso dental. A partir de la última década, la simulación ha sido complemento de entrenamiento tradicional para ayudar en la formación dental con retroalimentación Háptica- visual- auditiva. Los simuladores tienen diferencias en el diseño, algoritmos, función y métodos de evaluación.

El objetivo de este artículo fue evaluar la fidelidad de la retroalimentación incluye evaluar la rigidez, la resolución de las imágenes, la representación gráfica estereoscópica para mejorar la simulación visual.

La ergonomía de la plataforma de formación también es de suma importancia, es necesario para mantener una postura correcta de la mano y ejercer una fuerza precisa en la dirección correcta. Simuladores como Simodont®, HApTEL™ y VirTeaSY Dental® han sido diseñados para incluir estructuras de soporte para dedos o reposamuñecas para evitar que las manos cuelguen al aire, la ergonomía es muy diferente en la clínica práctica. Son más confiables, sin embargo debe rediseñarse los reposa manos. La posición del agarre manual y el control de la fuerza son dos componentes clave para un éxito quirúrgico. La efectividad de los métodos de evaluación son un desafío para los simuladores dentales para proyectar una prueba convincente de su viabilidad clínica, no existe un estándar aceptado ya que la tecnología está en constante cambio.

La simulación en caso de emergencia: es muy útil en una simulación de vuelo, para enseñar al piloto como manejar emergencias como la falla en el motor de un avión. Este concepto también puede ser utilizado en la formación dental, para simular escenarios complicados e inesperados, como sangrados, temblores, babeo, movimientos repentinos de la boca a manera que el alumno aprenda a ajustar el movimiento y el instrumental. Comunicación entre operador y pacientes indispensables, puede ayudar



al éxito del tratamiento y garantizar el éxito de los procedimientos dentales y el alivio del malestar. Durante el procedimiento el paciente puede estar nervioso y aprensivo, en el futuro podría agregarse este objetivo a la realidad virtual.

Análisis de los simuladores

Software es el elemento clave en un simulador dental. Sus funciones son dos:

- 1.- Crear un entorno virtual con dientes y tejidos virtuales, además de las herramientas virtuales utilizadas en entornos orales.
- 2.- Proporcionar algoritmos hápticos- visuales- auditivos para simular la interacción en tiempo real.

El método de modelo háptico es la base para construir un entorno de realidad virtual, modelar los dientes y estructuras bucales. El algoritmo de renderizado háptico es la tecnología clave en el software incluyendo herramientas dentales y tejido bucal, calcular la fuerza, presión al contacto. La precisión de la colocación de la retroalimentación háptico- visual determina la fidelidad de la percepción humana en un entorno de realidad virtual, que refiere al grado de superposición entre la herramienta virtual en el entorno de realidad virtual y el mango de mano en el mundo real. Cuanto mayor sea la precisión, mejor será la ilusión de inmersión obtenida. Solamente pocos simuladores como Simodont®, iDental®, HApTEL™ y Forsslund® pro tienen la tecnología de espejo reflectante o un sistema de proyección óptica miniaturizado, mostrando datos de precisión. El material didáctico es fundamental para adquirir habilidades proporcionando experiencias de formación a través de ejercicios cuidadosamente diseñados, debería integrar protocolos progresivos, capacitación en el uso de instrumentos dentales, ejercicios de destreza manual, experiencia en coordinación mano- ojo, grabación y reproducción de los procesos.

Hardware

Se necesitan dos tipos para que se realice una simulación multisensorial:

- 1.- Una plataforma ergonómica de colocación multisensorial para proporcionar interacción inversiva



2.- Háptico de alto rendimiento para proporcionar estabilidad y retroalimentación de fuerza a la mano del operador.

El hardware de los simuladores de formación dental existentes varía en apariencia y retroalimentación. La rigidez de los dispositivos hápticos es importantes para simular el contacto contra los tejidos duros.

En Simodont® la rigidez se adopta a la estrategia de control de admisión. Para utilizar esta estrategia de control, fuerza de alto rendimiento se necesitan sensores para detectar cambios sutiles en la interacción humana. La evaluación del desempeño es indispensable para un simulador para así convertirse en una herramienta aceptable. Normalmente se utilizan métodos cualitativos/subjetivos que tienen como objetivo descubrir las deficiencias del sistema y los defectos de diseño que requieren ser modificados y los métodos cuantitativos/Objetivos van enfocados a evaluar la eficiencia funcional.

Simodont®, i Dental (prototype I), VOXEL-MAN Dental® y VirTeaSy Dental® han sido evaluados tanto subjetiva como objetivamente, mientras que HapTEL™, Forsslund® (prototipo I), PerioSim® (prototipo I) e IDSS® solo han implementado evaluación subjetiva. A pesar de que la mayoría de los sistemas han recibido comentarios positivos de los alumnos, las operaciones son validadas por métodos rigurosos de estudio, a pesar de que no existen estándares sobre evaluación y criterios de aplicación. La mayoría de los simuladores tienen un campo reducido de la odontología, solamente Simodont®, i Dental® y VirTeaSy Dental® tienen más de un área clínica.

En comparación con los simuladores de vuelo, el simulador dental apenas está en desarrollo y aceptación. ⁽¹⁴⁾

El Dr. Boer y su equipo de investigación en su obra Simodont® en educación dental, publicado en 2012 nos habla acerca del entorno de aprendizaje de manera virtual en odontología, teniendo Simodont® el objetivo preparar a los estudiantes para ampliar y optimizar el tratamiento del paciente en la transición de la fase preclínica a clínica,



permite resolver problemas de manera realista, ofreciendo un ambiente seguro en el que se puede aprender y cometer errores ilimitados sin daño o consecuencias para estudiantes y pacientes. El Simodont® consta de una base de práctica, con instrumentos hápticos, una pantalla de proyección, el estudiante usa unas gafas de realidad virtual, por medio de las cuales ve de forma tridimensional. La pantalla de proyección está localizada en el lugar en donde normalmente está la cabeza del paciente, debajo de esta pantalla hay dos instrumentos adjuntos al simulador, uno de los mangos tiene forma de rotor de aire y le da al estudiante retroalimentación Háptica ya que el estudiante siente la presión del aire al tocar los dientes virtuales, el esmalte se siente más duro que el tejido cariado y dentina.

En el campo de aprendizaje es de suma importancia cuidar la higiene, en varios países utilizan dientes extraídos para práctica, estos dientes son considerados residuos biológicos y deben mantenerse en un lugar controlado. Y al realizar el protocolo de desinfección seca la dentina, lo que es perjudicial para trabajar con estos elementos, se han encontrado que al meterlos al proceso de esterilización quedan restos de amalgama de las restauraciones en la autoclave. Cuando se utilizan elementos dentales virtuales estas desventajas están ausentes en el Simodont®. El Simodont® también ofrece la posibilidad de tomar una “instantánea”, lo cual sirve para recordar al estudiante su proceso, para ver detalles en los biseles y guardar prototipos de los tratamientos.

Simodont® como plan de estudio de odontología, En los estudiantes de primer año comienzan perforando una figura relativamente simple, el nivel aumenta con el cambio de figura, con la finalidad de practicar la precisión manual, adaptarse a ver a través de un espejo, en visión directa e indirecta y lograr un método de trabajo ergonómico. En estudiantes de segundo año el programa actualmente adaptado es en el campo de la cariólogía y la preparación de cavidades, la idea es presentar al estudiante el tratamiento de un diente solitario, como campo preclínico. En años superiores, evaluarán el estado dental de manera conjunta, cada alumno enlaza en la sala de



espera individual llena de pacientes virtuales. Después de seleccionar su paciente, aparece en la pantalla de inicio una serie de preguntas acerca del conocimiento teórico del estudiante. Luego se presenta al paciente virtual, se procede a una anamnesis en el material didáctico que lo orienta al plan de tratamiento, cada paciente es un procedimiento distinto, los dientes que tratan los estudiantes tienen diferente dificultad en cariología.

Pacientes virtuales: Son una simulación por computadora interactiva de un escenario clínico realista en beneficio de la educación y pruebas médicas. La historia de cada paciente puede tener una estructura lineal o con enfoque fijo y de toma de decisiones como en caso de patologías, incluyendo aquí la toma de decisiones y ver la consecuencia de estas decisiones.

Dientes virtuales: Los elementos dentales virtuales son basados en tomografías computarizadas de haz cónico de dientes naturales o pacientes reales. Posteriormente leyendo el diente en el software se puede editar, agregando cualquier forma y decidir si la caries termina en tejido pulpar. Basado en las características del paciente y sus datos, la patología se crea en la clínica, así como dientes temporales virtuales con o sin caries disponibles para practicar y experimentar la diferencia con los permanentes. El mundo virtual ofrece aunque limitadamente la posibilidad de trabajar con una variedad de casos de periodoncia.

Al introducir este producto al mercado se toman en cuenta diferentes fases en el periodo de aceptación de la innovación, pasando por 5 fases.

- a) Lanzamiento del producto.
- b) Alcanza expectativas a un punto culminante.
- c) Estas expectativas no son inmediatas, se hace realidad y alcanza la decepción.
- d) Se continúa el desarrollo.
- e) Se acepta el uso de la innovación y se estabiliza.

El Simodont® da la oportunidad de recuperar la confianza en la propia habilidad sin causar daño en un paciente. De las ventajas del Simodont® sobre la práctica pre clínica,



encontramos disponibilidad de dientes, solución para los profesores para ayuda pre clínica, el ahorro en costo es también importante, además de la solidaridad con el medio ambiente. Además se puede utilizar para la formación continua, nuevas técnicas o métodos de preparaciones en campos como periodoncia, implantología, extracciones dentales y operatoria dental acoplando un escáner tridimensional.

En conclusión ofrece un nuevo entorno de aprendizaje que pueden reducir las brechas en la educación en odontología. El entorno de aprendizaje es seguro, sostenible, más preciso y busca aminorar la distancia entre el campo preclínico a clínico. Los resultados se pueden guardar y en una fecha posterior volverlos a buscar.

(38)

Los objetivos de la investigación realizada por Mihaela Dută y colaboradores en 2011 para la revista Dent Manag de salud bucal, proporcionar una descripción del uso de sistemas de realidad virtual en educación dental, discutiendo las fortalezas y debilidades de cada sistema. Fue realizado bajo una revisión de literatura, utilizando los términos de búsqueda realidad virtual y educación dental que fueron publicados a partir del 1 de enero 2000 al 1 de febrero 2011. La clínica odontológica requiere del desarrollo de conocimiento, habilidades y la capacidad de resolver problemas. En los últimos años nuevos enfoques en la tecnología se han sumergido en estos temas con el objetivo de:

- 1.- Mejorar la tecnología de la información y la economía basada en conocimiento.
- 2.- Mejorar la competitividad en investigación, educación y cuidado de la salud.
- 3.- Optimizar los métodos de prevención de enfermedades y sistemas de salud.

Existe una diferencia entre realidad aumentada y realidad virtual. La realidad aumentada es forma de la realidad en donde la pantalla del participante permite una visión clara del mundo real. La realidad virtual permite realizar procesos en tres dimensiones. La Háptica ha sido definida como la ciencia preocupada por estudiar el sentido del toque. Es un sistema de modelado virtual que representa un diente como



una superficie volumétrica. Permitiendo la perforación como herramienta esférica. DentSim®: Fue el primer simulador de realidad virtual, permite realizar prácticas de procedimientos clínicos simulados en una pantalla. Ha sido utilizado a partir de la década de 2000. Informes de sus evaluaciones registran que es eficaz para realizar las prácticas sin necesidad de un instructor, este por sí mismo monitorea el desempeño. Durante los últimos 6 años la escuela de Odontología de Ginebra en Suiza, el departamento de cariológia, ha desarrollado la simulación tridimensional por computadoras para enseñanza de anatomía dental. Como resultado informaron que los estudiantes se encontraban muy motivados a aprender anatomía dental.

El laboratorio AIIA Visión e Imagen por computadora, el departamento de informática de la universidad Aristóteles de Thessaloniki Grecia, desarrollo una aplicación llamada "Virtual Dental Patient (VDP)", fue diseñada para ayudar a los estudiantes a familiarizarse con la anatomía dental, con los instrumentos rotatorios y los desafíos a los que nos enfrentamos al realizar la perforación. Permite: Ver/manipular una cabeza tridimensional y el modelo de cavidad oral, adaptar este modelo utilizando fotografías y realizar la perforación de los dientes en boca. El sistema de formación dental de realidad virtual (VRDTS)® desarrollado por Novint Technologies en colaboración con la escuela de Medicina Dental de Harvard, es un simulador que utiliza la realidad virtual para preparar cavidades. El software permite la restauración dental simulando el instrumental dental, amalgama y un solo molar. Desventaja; no ayuda con la ergonomía, no cuenta con reposa manos, el alumno sostiene el interfaz en el aire. El Iowa Dental Surgical Simulador (IDSS)® desarrollado en la Facultad de odontología en la Universidad de Iowa, EE. UU., los estudiantes pueden sentir el detalle de un esmalte y dentina sana, así como con proceso de caries al tocar el diente. Su desventaja es que se basa más en el desarrollo de lo háptico y menos en la habilidad Psicomotora.

En la facultad de Odontología CJ Luciano en la Universidad de Illinois en Chicago (UIC) creó PerioSim® permite aprender a diagnosticar, tratar el periodonto enfermo,



incluso la remoción de cálculos visualizándolo de manera tridimensional. Es parte del plan de estudios de la UIC. Como desventaja tiene el nivel de realismo.

El sistema HApTEL™ se desarrolló como colaboración entre Kings Collage en Londres y el Instituto dental de la Universidad de Reading, Reino Unido. Basado en la unidad Háptica. Incluye dos pantallas que permiten al usuario mirar hacia abajo una mandíbula simulada como si realmente fuera el paciente y un pedal para controlar la velocidad de la turbina, el software está diseñado para preparar cavidades.

Los usuarios pueden reproducir el procedimiento que han realizado y evaluar sus habilidades, los puntajes almacenan para monitorear el progreso. Tiene como opción trabajar con caries simples y complejas.

El sistema VirDent® creado en la facultad de Medicina Dental de la Universidad Ovidio de Costanta, Rumania simula la preparación de prótesis dentales fijas (coronas y puentes) Consta de una turbina virtual, dientes y paciente con interfaz Háptica que permite realizar el procedimiento de manera virtual, Permite al estudiante seguir la demostración de un tutor virtual. El objetivo de este simulador es que los estudiantes realicen preparaciones de manera rápida en comparación a cuando se enseña a partir de métodos tradicionales.

El Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA) ha desarrollado el entrenador dental MOOG Simodont®, este dispositivo háptico proporciona múltiples procedimientos dentales que se pueden practicar de forma virtual, incluyendo el ejercicio de destreza manual, casos clínicos, evaluación, diagnóstico y planificación del tratamiento, preparación de cavidad, coronas y puentes.

El sistema Forsslund ha sido diseñado para entrenamiento de realidad virtual en extracción de terceros molares, instalado también en ACTA.

El uso de la realidad virtual se ha utilizado en múltiples áreas de la odontología como es en Cirugía de cabeza y cuello, permitiendo a cirujanos maxilofaciales realizar cirugías virtuales, panificando guías de corte, para realizarlo de manera precisa y oportuna. Un ejemplo de este caso es el simulador Voxel Man.



En implantología el clínico está interesado en reconstruir imágenes o imaginarlas de forma tridimensional, siendo esto difícil y dificulta la planificación del tratamiento, DentSim® mejora el diagnóstico y orientación de los implantes para ser evaluado en tres dimensiones.

Las ventajas en el uso de simuladores Virtuales son: refuerzo de los conocimientos dentales aprendidos, uso correcto del instrumental dental, cuidado de la ergonomía, Psicomotricidad y adquisición de habilidades, autoevaluación, motivación por parte de los estudiantes y disponibilidad de practica sin limitación de tiempo.

En conclusión, la realidad virtual es el siguiente paso en la educación dental, superando las limitaciones del método convencional y la cabeza fantasma, proporcionando un caso a evaluar e interacción. ⁽¹¹⁾

Suzanne Perry, Susan M Bridges y colaboradores, en 2017 propusieron que existe poca evidencia de entre la precisión específica del movimiento y la memoria de trabajo, al controlar conscientemente la habilidad motora. La espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS) mide la demanda de oxihemoglobina en la corteza frontal durante la realización de tareas psicomotoras de realidad virtual (VR).

El objetivo de estudio fue determinar la relación potencial entre la propensión a reinvertir y el flujo sanguíneo a las cortezas pre frontales dorso laterales del cerebro, secundariamente fue determinar el rendimiento durante las tareas con simuladores hápticos de realidad virtual. Utilizaron espectroscopia funcional del infrarrojo cercano (fNIRS) para evaluar las demandas de oxígeno en 24 estudiantes de odontología de pregrado durante 2 tareas dentales en un simulador háptico de realidad virtual. Se requirió un cuestionario con escala de reinversión específica de movimiento (MSRS). En odontología de pregrado debido a la alta demanda se han reducido las horas de práctica, al eliminar elementos prácticos también reduce la calidad de tiempo de enseñanza de habilidades psicomotoras al final de su formación. En respuesta se han realizado investigaciones para establecer factores que predicen las habilidades



motoras como en aviación. Componentes particulares como la conciencia, la escrupulosidad, calidad, confianza, franqueza y conocimiento en tecnología dental son predictores de éxito que juegan un papel importante como inversión en el trabajo.

La memoria de trabajo es un sistema cerebral que participa de manera activa, la manipulación y almacenamiento de información relacionada con las tareas realizadas, en contextos de movimiento induce al control consiente y la monitorización, a diferencia del movimiento automatizado. La fNIRS es una técnica en la que se utiliza una serie de fuentes de luz infrarroja cercana y detectores en la superficie del cuero cabelludo para medir los niveles de sangre oxigenada y desoxigenada en regiones específicas del cerebro implicando un aumento de oxihemoglobina y una disminución de desoxihemoglobina durante una tarea en comparación estando en reposo.

Estas respuestas están asociadas a la actividad de memoria de trabajo y planificación motora. Al conocer estas diferencias a nivel neurológico en las tareas dentales de motricidad fina, los educadores pueden desarrollar capacitaciones mejor adaptadas a estas necesidades. Los participantes completaron 2 tareas utilizando el simulador de realidad virtual Simodont® con el uso de gafas tridimensionales, además del sistema fNIRS portátil multicanal para detectar las señales de longitud de onda. Las tareas consistieron en:

- 1.- Eliminar el área objetivo (un círculo).
- 2.- Eliminar una amalgama y caries adyacentes, sin dañar el tejido dental sano.

Se les permitió 5 minutos para realizar cada tarea. Se le pidió a los participantes completar la MSRS y los estudiantes calificaron su nivel de acuerdo en una escala Likert de 6 puntos de totalmente en desacuerdo a totalmente de acuerdo. El resultado indicó un aumento de la respuesta durante el período de descanso o una reducción de la respuesta de oxihemoglobina durante la prueba. Curiosamente la respuesta hemodinámica no es significativa por la complejidad de la tarea. El aumento de esfuerzo, la realización de tareas vigiladas están relacionados con la demanda de recursos en el hemisferio derecho.



El protocolo actual de trabajo tradicional al reemplazarse por protocolos de práctica diseñados por simuladores dentales para reducir errores en donde está implícito el aprendizaje motor, no solo mejoran las habilidades motoras, también la personalidad. Esta investigación sugiere que las diferencias neurológicas existen en la región de memoria de trabajo durante las tareas dentales con RV teniendo demandas de oxihemoglobina en el área asociada a memoria de trabajo, es difícil identificar las regiones exactas utilizadas durante el aprendizaje. ⁽³⁹⁾

En el reciente artículo publicado para Bdj in Practice en el presente 2020 el autor David Westgarth, nos habla sobre la salud mental frente a la pandemia y el rumbo de la odontología. Frente a esta pandemia todos hemos tenido un colapso de ansiedad debido a la crisis, en el gremio odontológico y los estudiantes de la carrera han desplegado roles al frente de línea, viviendo la incertidumbre si el tiempo de entrenamiento y nuevas formas de evaluar competencias incluso el cuestionamiento de si habrá trabajo. Tener en cuenta la palabra resiliencia, mientras afrontamos esta situación, es muy importante. La resiliencia no significa que sufras, si no tener un plan y estar activo, comenzando a formularnos como un desafío, reconociendo los sentimientos y dejando a un lado lo que no podemos controlar. Para aquellos que tienen roles de liderazgo en equipo y entrenamientos, mostrar humanidad, humildad y sensibilidad. Los líderes deben ser preparados para delegar y pedir ayuda, sobre todo ser amable con usted mismo y recordar que está bien no estar bien. Muchos odontólogos sienten la crisis desde considerar que no pueden atender a sus pacientes como les gustaría, debido al distanciamiento social y que en nuestra profesión solamente se admiten urgencias. A pesar del desarrollo de seminarios web y el desarrollo online ha sido clave del encierro, estamos como estudiantes preocupados por las restricciones y falta de experiencia clínica. Por ello es importante usar las herramientas que tenemos a disposición como el uso de la realidad virtual Háptica, como el uso del simulador dental Simodont®, es un sistema con simulación de la



realidad para la habilidad sensorio motora, este sistema no requiere la presencia de un evaluador o paciente, es una gran opción para continuar respetando las pautas del distanciamiento social y mejorar las habilidades clínicas, sin riesgos. Este apoyo debe estar en su lugar, no solo por el aprendizaje de los estudiantes, pero abordando sus necesidades de salud y bienestar. ⁽⁴⁰⁾

Este estudio publicado en el Journal of dental Education 2004 el Dr. Buchanan lo realizó en VRBT DentSim[®] siendo una de las primeras unidades de simulación. Se seleccionaron dieciséis estudiantes seleccionados de los 94 alumnos matriculados de primer año. Se dividieron en tres grupos: el primero era el de aprendizaje en combinación de estilos, el segundo el de nivel de habilidad psicomotora y el tercero el de la prueba de admisión dental perceptual. Se agruparon los estudiantes por características similares como género y promedio académico. La muestra consistió en doce hombres y cuatro mujeres. Los estudiantes fueron asignados a la unidad por dos horas durante tres semanas. Se le incido a cada grupo que realizaran una amalgama clase I. Las indicaciones fueron el tiempo para la realización de la preparación, número de dientes utilizados y número de veces que solicitaron evaluación por un experto. Los profesores solo respondieron a preguntas sobre tipos de fresas a usar, cuando cambiar la velocidad. Los estudiantes trabajaron en preparaciones de amalgama clase I, II, V y clase compuesta.

El primer estudio incluyó estudiantes en grupo control y experimental, para evaluar niveles de psicomotricidad de la cual no se encontraron cambios significativos. Los alumnos experimentales pidieron ayuda más veces que el grupo control, los estudiantes prepararon más dientes por hora a comparación del grupo control. En el estudio 2 grupo control y experimental se encontraron abolladuras en las preparaciones, solicitaron menos evaluaciones tanto en el computador como a profesores. Fue separada la calificación psicomotora y didáctica para este curso, se utilizó para comparación. El resultado significativo de este estudio arrojó que: 1.- Los alumnos requieren que el



profesorado se integre a su entrenamiento psicomotor, 2.- los estudiantes ven la tecnología como un papel importante en la preparación preclínica y de este modo aprenden más rápido, 4.- estudiar las abolladuras en las preparaciones después del simulador y practicar realmente en la pieza de alta les da más confianza. Aunque el objetivo principal del estudio fue modificado por la dificultad de medición en la Psicomotricidad, los datos arrojados confirman la hipótesis de que VRBT es útil como herramienta educativa mostrando efecto y ventajas. ⁽⁴¹⁾

El estudio realizado en 2015 por el Dr. Tubelo tuvo como objetivo evaluar la influencia del objeto virtual de aprendizaje (VLO) en teoría de conocimiento y practica de habilidades de los estudiantes de odontología en lo que respecta al cemento fosfato de zinc.

Cuarenta y seis estudiantes fueron asignados al azar fueron divididos en cuatro grupos: el grupo 1 fue el uso de enseñanza tradicional, grupo dos usos de VLO y probado inmediatamente, grupo tres usos enseñanza tradicional por 15 días y grupo cuatro uso VLO por 15 días. Se excluyeron 4 alumnos por no asistir. Un video tutorial explico la simulación, que era el uso de la espátula sostenida con un clic y arrastrado sobre la placa de vidrio. Tipo de espatulado, consistencia de migajón y fraguado fueron aspectos a evaluar. Al finalizar se preparó una encuesta compuesta por trece preguntas en escala de Likert.

Los resultados fueron en el grupo uno tuvo un espesor de película menor que el grupo dos, el grupo tres tuvo un menor espesor que el grupo cuatro, el grupo uno tuvo un tiempo de fraguado más alto que el segundo, no hubo diferencia en tiempo de fraguado en los últimos dos grupos.

La influencia del objetivo virtual de aprendizaje en el conocimiento teórico, manipulación y habilidad de laboratorio de cemento de fosfato de zinc fueron evaluados en esta investigación. El VLO estaba compuesto por imágenes y narración sobre agentes cementos. El resultado es la capacidad mejorada de herramienta del cemento



después del video demostración y simulación virtual. Las habilidades si mejoran con el uso del simulador. En conclusión los estudiantes mejoraron su desempeño en la manipulación del cemento de fosfato de Zinc, al utilizar VLO tuvieron mejores características. ⁽⁴²⁾

El ingeniero e Investigador Jorge Luis Rocancio Turriago y su equipo de colaboración publicaron en 2020 "Desarrollo de un simulador en realidad virtual para la capacitación de la limpieza bucal en el campo de la odontología" creando así el Simudologo, este es una aplicación de realidad virtual para capacitar a odontólogos en limpiezas dentales, para realizar pruebas antes de enfrentarse a un paciente real.

En el ámbito profesional de salud es necesario emplear facetas multidisciplinarias, incluyendo ramas de la tecnología como robótica y la realidad virtual, en el caso de la realidad virtual el objetivo es llevar al profesional de la salud a una situación específica de trabajo, en un entrenamiento preciso y el desarrollo de habilidades a desempeñar en casos reales. La realidad virtual en los últimos años se ha posicionado como tecnología de innovación para el futuro, ya es común ver entornos virtuales aplicados en diferentes campos de conocimiento, esta tendencia a resultado de interés a nuevos campos de investigación desarrollando e implementando herramientas virtuales que aporten soluciones a la sociedad. Actualmente se ha manifestado la necesidad de mejorar la seguridad del paciente durante la atención, la simulación en la educación precisamente busca representar a un paciente, imitando procedimientos y generando practicas sin exponer a pacientes reales, estas pruebas son realizadas en entornos controlados generando un aprendizaje en entorno virtual la odontología maneja un campo de acción bastante amplio, cada procedimiento es distinto y las dificultades en estos tratamientos pueden ser variables.

VRDTS®: Esta herramienta permite realizar la preparación de cavidades dentales y la restauración virtual de los dientes. La simulación puede utilizarse como método de análisis permite el funcionamiento de un sistema verdadero a través de observaciones



en el comportamiento del sistema simulado, permite fallar una y otra vez sin alterar el sistema, mejorando las habilidades a base de ensayo y error, la finalidad es lograr que la brecha entre el mundo real y el artificial disminuya, en un ambiente exento de riesgos y a la vez que cree confianza y seguridad en el alumno. Permite que usuario mecanice el proceso lo cual conlleva a un aprendizaje. ⁽¹⁰⁾

Este estudio fue realizado en el año 2009 en el Centro Académico de odontología en Amsterdam, llevado a cabo por los investigadores Koopman P, Umanski D, Kulk R, Vervoorn JM y Wesselink PR, la finalidad fue evaluar la relación entre la fluidez del material didáctico y el uso del simulador, en el cual estuvieron involucrados dos alumnos y cuatro profesores al finalizar su tiempo de practica en una prueba de esfuerzo en la que se utilizaron cinco Simodont® durante seis horas, se llevó a cabo un entrevista en la que se recompilaron datos sobre su experiencia de la interacción de los componentes.

Los resultados fueron que el flujo entre el material didáctico y el simulador se comunican sin problemas y los comandos de usos son viables, solo se encontraron pequeños detalles durante la prueba de esfuerzo que fueron resueltos de manera simple. ⁽⁴³⁾

Ante la pregunta: ¿Cuáles factores se deben considerar cuando se usa educación virtual en la enseñanza en odontología en el pregrado y el posgrado? Se llevó a cabo una revisión bibliográfica a cargo de la doctora Sandra Liliana Castillo Blanco de la universidad Javeriana de Bogotá, Colombia en el año 2011 mencionando que algunos alumnos de las escuelas de odontología consideran que en ocasiones es ineficaz y complicada la oportunidad de desarrollar competencias clínicas. Los alumnos de posgrado prefieren aprender visualmente, a manera de secuencias sensitivas que apoyen en el desarrollo de habilidades que se asocien a situaciones reales. En Latinoamérica se ha comenzado a conocer la importancia de la realidad virtual en



este proceso, el uso de TIC y de los ambientes de aprendizaje virtual podrían llegar a generar un mejor ambiente de aprendizaje.

Los resultados de su búsqueda en plataformas de información científica, arrojaron veintiséis artículos de los cuales describieron los siguientes temas.

a) Virtualidad combinada o semipresencial, el B- Learning es una mezcla de ambientes de aprendizaje en la que combinan e- learning y la intervención humana de un tutor.

b) Factores académicos, el aprendizaje virtual se genera no solo al transmitir contenidos, sino mediante la reflexión, investigación, cuestionamientos y desarrollando competencias y habilidades para lograr un aprendizaje permanente y de carácter bilateral, logrando una retroalimentación.

Para tener una satisfactoria respuesta en estos medios es aconsejable seleccionar un grupo especial de estudiantes capaz de beneficiarse de esta experiencia, ello hace que este tipo de educación se enfoque mejor en los grupos de posgrado.

c) Perspectiva de los estudiantes, estudios indican que los estudiantes muestran gusto por la tecnología cuando son evaluados con educación virtual, los estudiantes afirman que la aceptación de los medios a distancia también está relacionada con el estilo de enseñanza de los profesores, la motivación y participación activa.

Modelos virtuales de apoyo

Existen modelos o simuladores de apoyo a las prácticas preclínicas que crean experiencias basadas en tecnología de realidad virtual, llamadas unidades de simulación. En periodoncia se habla del simulador háptico Periosim, en endodoncia se usan para la realización de aperturas, conocimiento de la anatomía y manejo de instrumental, en cirugía se han utilizado para favorecer el entrenamiento en diferentes procedimientos quirúrgicos, en ortodoncia se utilizan para reforzar el aprendizaje en diferentes áreas como diagnóstico, biomecánica y desarrollo de dentición. ⁽⁴⁴⁾

El doctor Juan José Chistiani en su obra "La simulación en la enseñanza en odontología. Una herramienta de aprendizaje para la seguridad del paciente y la calidad



de atención" publicada en agosto del 2016 nos habla acerca de la capacitación y entrenamiento en un ciclo preclínico conlleva a capacitar de mejor manera al estudiante al encontrarse con situaciones reales. La simulación clínica es una herramienta de aprendizaje cuyo objetivo principal es la adquisición de competencias en un ámbito lo más parecido al contexto real. La seguridad del paciente es definida como la disminución o ausencia de daño durante el proceso de atención en salud en los últimos años es valorado como atención de calidad, tener esta responsabilidad sobre el paciente ha aumentado las expectativas. La seguridad del paciente en ciencias de la salud tomo estrategias de la industria de la aviación en donde usan la simulación para el entrenamiento de habilidades y control de situaciones críticas, sin poner en riesgo a las personas.

Actualmente existen diversos tipos de simuladores en odontología, entre ellos está el simulador humano, simuladores virtuales y simuladores de habilidades. Una de las grandes diferencias entre la enseñanza en la salud con el modelo tradicional y la enseñanza basada en la simulación es que durante el entrenamiento en preclínica, con pacientes los alumnos deben estar ante cuidadosa supervisión para evitar que cometan errores y en caso de cometerlos corregirlos de manera inmediata, cuidando la integridad del paciente, en cambio en la simulación los errores cometidos se analizan para que el alumno aprenda de las consecuencias de su error, rectifique y vuelva a realizar el procedimiento de manera correcta, reforzando sus conocimientos.

Existen cuatro características básicas de simulación:

- 1.- Observación del mundo real.
- 2.- Representación física o simbólica.
- 3.- La acción sobre esta representación.
- 4.- Los efectos de esta acción sobre el aprendizaje humano.

Para que la simulación sea una herramienta adecuada es necesario realizar una suficiente cantidad de prácticas y evaluar los resultados.

La simulación no tiene como finalidad encontrar en el simulador la identidad con el



paciente, ni reemplazar la practica con los pacientes o a los tutores, sino todo lo contrario tiene como objetivo preparar a los estudiantes de manera óptima, auditiva, visual y sensorial, mediante un proceso repetitivo, sistematizado y organizado para evitar el error que aun así puede corregirse con el entrenamiento. ⁽⁴⁵⁾

Citando de nuevo al Dr. y reconocido investigador Bakker, con su artículo Student acceptance of the Simodont® publicado en 2009, nos habla acerca de Simodont® y las ventajas que ofrece entre ellas la oportunidad de desarrollar la destreza manual de forma independiente adaptándose a condiciones patológicas realistas. El objetivo de este estudio fue investigar sobre su ergonomía, usabilidad y realismo. Participaron 23 estudiantes que no estaban relacionados con el simulador virtual, solo habían tenido la experiencia de la cabeza fantasma. Los participantes realizaron un ejercicio de perforación de destreza manual y luego completaron un formulario sobre su opinión relacionado a su ergonomía, usabilidad y realismo del sistema.

Los resultados fueron que los alumnos estuvieron cómodos de usar el simulador, en cuestión de ergonomía vieron positivo el punto de apoyo a pesar de que el ejercicio fue corto para medir el estrés de la muñeca, coincidieron que el simulador no reemplaza al profesor, en cuestión de realismo fueron positivos, también recomendaron que se debe simular el olor y el spray. ⁽⁴⁶⁾

En este estudio el Dr. Boer en 2017, en su publicación titulada "El efecto de la retroalimentación de fuerza en un entorno de aprendizaje virtual sobre el rendimiento y la satisfacción de los estudiantes de odontología" analizo el efecto de retroalimentación de fuerza (FFB) en los estudiantes en un entorno de aprendizaje virtual (VLE) utilizando Simodont®.

Lo utilizaron 101 estudiantes de primer año sin experiencia previa en perforar un diente natural, fue un estudio cruzado, se dividieron en dos grupos uno trabajó con el sistema FFB y el otro sin FFB. Ambos grupos practicaron durante 45 minutos de manera



cruzada, después de la segunda prueba los alumnos contestaron un formulario, para análisis estadístico.

Los resultados revelaron que los estudiantes que usaron FFB pasaron las pruebas y prefirieron trabajar con FFB. ⁽⁴⁷⁾

En esta carta la Presidenta de the international Nursing Association of Clinical Simulation and Learning (INACSL) la Dra. Cynthia Foronda en compañía de la sociedad para la simulación en el cuidado de la salud (SSH) declaran su posición sobre el uso de la simulación virtual durante la pandemia el día 30 de marzo de 2020, mencionando que La pandemia por Covid ha afectado a más de 80 países y el área más afectada es el sistema de salud, dado que se espera que la pandemia aumente en oleadas y dure meses es fundamental que la educación en profesionales de salud permanezca intacta. Al rededor del mundo la educación se está tomando de manera a distancia las organizaciones profesionales han acordado que debido a la escasez prevista de trabajadores de la salud se propone la flexibilidad de sustituir las horas clínicas por experiencias simuladas durante la pandemia, apoyando de manera innovadora y efectiva la progresión de los proveedores de atención médica necesaria para combatir el Covid 19. ⁽⁴⁸⁾

Citando al Dr. Boer con su publicación "Evaluación de la apreciación de dientes virtuales con y sin patología". En 2015, en donde nos habla acerca del desarrollo de las nuevas tecnologías, usos de Tablet, teléfonos inteligentes los estudiantes están familiarizados con la tecnología informática cotidiana y con esto abre camino al uso de la simulación definida como el proceso de instrucción que sustituye a los pacientes con modelos artificiales o virtuales. El centro académico de odontología de Amsterdam (ACTA) ha integrado el uso del Simodont[®] en el plan de estudios para capacitar a los estudiantes, los dientes virtuales pueden tener o no patologías desarrolladas con un programa de software especial llamado Color Map Editor (CME) es una aplicación



diseñada para editar y colorear la imagen escaneada de un paciente real utilizando un haz cónico de escáner de tomografía computarizada.

Los dientes de plástico no ofrecen la oportunidad de realizar ciertos procedimientos clínicos realistas como la excavación de caries, además que los dientes de plástico generan un gastos económico y los dientes naturales con patologías son complicados de obtener en número suficiente, esto es una ventaja para los dientes virtuales en donde se puede repetir la tarea cuantas veces sean necesarias.

El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar el aprendizaje generado a través de dientes con patología en este estudio participaron odontólogos de practica general, profesores de la facultad de odontología, estudiantes en nivel de maestría y estudiantes en nivel licenciatura, se les presentó un cuestionario con preguntas de opción múltiple utilizando la escala de Likert en donde evaluaron la comparación de apariencia, las expectativas de aprendizaje, apariencia general, aparición de caries, apariencia de restauración y sugerencias para mejorar el ámbito virtual.

Los resultados obtenidos de 163 participantes se encontró que 84 dentistas, 16 profesores, 27 estudiantes de maestría y 36 estudiantes en donde fueron razonablemente positivos sobre el posible reemplazo de los dientes humanos extraídos al igual que con los dientes de plástico con virtual, tanto en cuestión de apariencia, patología, fueron más críticos acerca del color, aun así consideraron que es mejor que en dientes ese plástico. Quienes fueron más críticos sobre este sistema virtual fueron los profesores. Este estudio concluyó mencionando que los dientes virtuales con patología no reemplaza los métodos tradicionales sin embargo son una herramienta de aprendizaje. ⁽⁴⁹⁾



5.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el proceso de aprendizaje preclínico en la materia de endodoncia para la práctica de accesos camerales de primeros molares inferiores, previo al tratamiento de conductos, se utilizan materiales de entrenamiento como son dientes de acrílico. Por ejemplo el modelo de simulación endodóntica A12-200 Fig.16, modelo de diente con defecto en forma de cuña A25A-UL39B Fig.17, modelo de diente endodóntico S12A-200 Fig.18, modelo de diente completamente anatómico de cavidad pulpar y raíz Serie B22x Fig.19 y el tipodonto para práctica de endodoncia serie CON1001 Fig.20, se colocan en simuladores pero no reproducen la dureza real de un diente natural, otra forma es utilizando dientes naturales extraídos sabiendo que implican un riesgo biológico y que además es cada vez más complicado conseguirlos; el simulador virtual háptico Simodont® es una alternativa contribuyendo en el proceso enseñanza aprendizaje durante ese entrenamiento en los alumnos de la materia de endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).

6.- HIPÓTESIS DE TRABAJO

La utilización del sistema virtual háptico permitirá al estudiante desarrollar habilidades motoras finas durante la realización de accesos camerales de primeros molares inferiores.

7.- PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles serán las habilidades que desarrollara el estudiante en la preclínica con la utilización del sistema virtual háptico al realizar accesos camerales en 30 primeros molares inferiores?



8.- OBJETIVO

Evaluar la experiencia sensorial adquirida durante el entrenamiento en la realización de accesos camerales de primero molares inferiores en endodoncia con la utilización de simulación Virtual Háptica (Simodont)

9.- JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es importante porque fue evaluada la más alta tecnología que existe actualmente en simulación por elementos de la Facultad de Odontología UMSNH, cumpliendo con la filosofía institucional al intervenir en la formación de estudiantes competitivos y responsables en la gestión de su propio aprendizaje.

La presente investigación es importante, porque puede contribuir en el proceso enseñanza aprendizaje de los alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, cumpliendo con la filosofía institucional al intervenir en la formación de estudiantes competitivos y responsables en la gestión de su propio aprendizaje, siendo capaces de aplicar los conocimientos obtenidos mediante la practica al utilizar el equipo multidisciplinario Simodont® en respuesta a la demanda social, científica y tecnológica, orientando al sentido ético y humanístico estudiantil, evitando con esto el contacto directo con pacientes y prevenir futuros contagios provocados por la enfermedad causada por el virus SARS- CoV2.

En odontología la práctica está integrada por distintos componentes, como estudiantes afrontamos múltiples incógnitas debido a la insuficiente experiencia práctica para tomar decisiones clínicas, por el poco realismo de los materiales que se utilizan en el área preclínica y obligatoriamente a causa de la pandemia. Esta razón ha llevado a la búsqueda de una alternativa científica, basada en seguridad, calidad y experiencia, para dar continuidad a la práctica de una manera eficiente, sin perder los



lineamientos de distanciamiento social en lo que es instaurado un protocolo oficial para continuar la labor educativa en la facultad..

Se llevará a cabo esta investigación bajo dichos lineamientos con métodos de educación a distancia y cuidando la sana distancia, sin limitar la experiencia del alumno frente a un método poco usado en el estado de Michoacán, incluso en el resto de las instituciones educativas del país. Sin duda es una oportunidad para la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo pueda estar en contacto con la más alta tecnología que existe actualmente acerca de métodos educativos en el área odontológica y hacer frente a la situación actual de salud que nos limita.

10.- DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL

a) DELIMITACIÓN TEMPORAL

Se realizó una búsqueda bibliográfica de 10 años atrás a la fecha, recaudando información.

b) DELIMITACIÓN ESPACIAL

Se realizó el estudio en el simulador virtual Háptico Simodont® con pacientes previamente preestablecidos, consistió en accesos en primeros molares inferiores con la técnica y metodología acordada.

11.- PROPUESTA METODOLÓGICA

A) UNIVERSO Y MUESTRA:

Primeros molares inferiores izquierdos y derechos de pacientes virtuales predeterminados en el simulador virtual háptico Simodont®

**B) Criterios de Inclusión**

Primeros molares inferiores, derechos e izquierdos de los pacientes virtuales preestablecidos.

C) Criterios de no Inclusión

Todos los órganos dentarios que no sean primeros molares inferiores.

D) Criterios de Eliminación

Cámaras pulpares obliteradas, Fracturas verticales, Ausencia de corona clínica

E) Técnicas de Análisis Estadístico:

Para medir la percepción sensorial escala de Linkert tipo cualitativo

12.- METODOLOGÍA

A) Entrenamiento previo al desarrollo de la metodología propia de la tesis:

a) Para conocer y familiarizarse con la dureza real de un diente natural, se citaron de forma presencial al investigador principal y colaboradores, así como asesores siguiendo las medidas preventivas ante contaminación cruzada para realizar una práctica previa a la utilización del Simulador Virtual Háptico Simodont® bajo la siguiente metodología:

1. Utilizando silicona para impresión dental tipo C Speedex® de Coltene® Polisiloxano pesado Fig.42, adicionando Activador Universal Speedex® de Coltene® Fig.43 se realizó la mezcla de ambas partes hasta formar una coloración homogénea y lograr la estabilidad dimensional. Fig.43 y 44 (50)



Figura 42.- Silicona para impresión dental tipo C Speedex® de Coltene®.



Figura 43.- Activador Universal Speedex® de Coltene®.

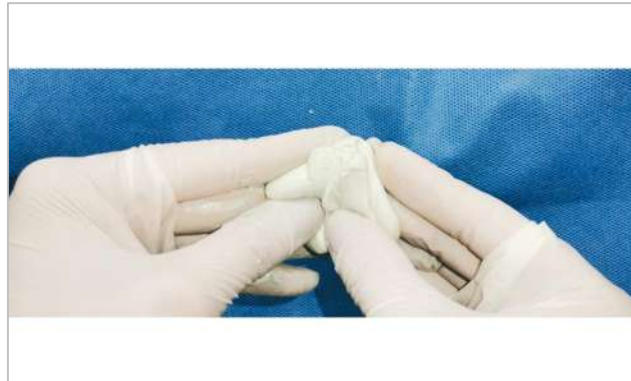


Figura 44.- Coloración homogénea de la mezcla.

2. Utilizando una cucharilla parcial de hemiarcada para impresiones dentales, se colocó esta masilla y así tomar impresión a un tipodonto que sirviera como base para nuestro modelo entrenador. Fig.45



Figura 45.- Impresión a un tipodonto.

3. De la impresión obtenida, se colocó un primer molar inferior en la zona que le correspondía en la hemiarcada Fig.46 fijándolo para que permaneciera estático Fig.47



Figura 46.- Colocación de un primer molar inferior en la impresión.

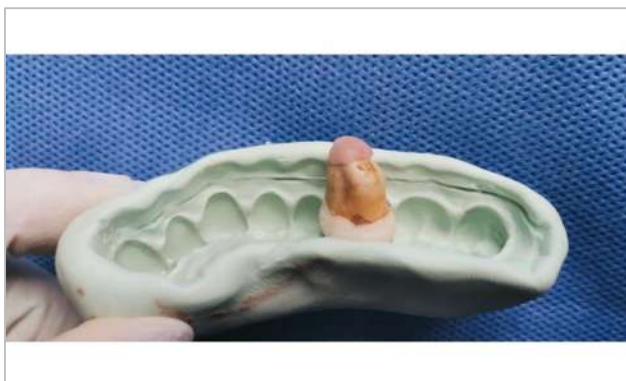


Figura 47.- Primer molar inferior fijo en el lugar que le corresponde.

4. En una taza de hule se colocó yeso Tipo IV extra duro de MDC y adicionando resina acrílica Nic Tone de MDC (Polímero de Metil Metacrilato) en proporción dos de yeso por uno de acrílico, Fig. 48 buscando con esta mezcla que las partículas de acrílico simularan al momento de realizar exposiciones radiográficas el trabeculado óseo. Fig.49 (51)



Figura 48.- Vaciado del yeso Tipo IV extra duro de MDC® adicionando resina acrílica Nic Tone de MDC®.



Figura 49.- Radiografía de simulación del trabeculado óseo.

5. Vertimos la mezcla de yeso con acrílico adicionando agua Fig.50 y 51



Figura 50.- Mezclado de yeso con acrílico adicionado con agua.

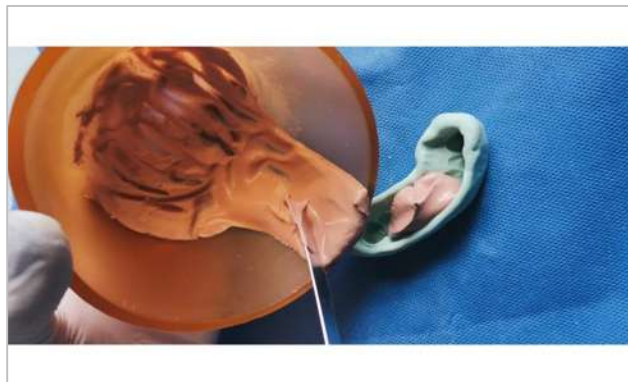


Figura 51.- Vaciado de la mezcla a la impresión.

6. Obteniendo un modelo de yeso con la pieza natural incluida, tomamos una radiografía de diagnóstico. Fig.49 y 52



Figura 49.- Radiografía de simulación del trabeculado óseo.



Figura 52.- Modelo obtenido.

7. El investigador principal, así como los 2 colaboradores en esta práctica de entrenamiento realizamos el acceso a la cámara pulpar de 10 órganos dentarios de manera individual, siguiendo el protocolo establecido bajo supervisión del asesor especialista en endodoncia cuidando que en este proceso de aprendizaje fueran mejorando la técnica en cada proceso, primeramente se realizó la toma

de radiografías de diagnóstico para conocer así la morfología interna de cada órgano dentario. Fig.53

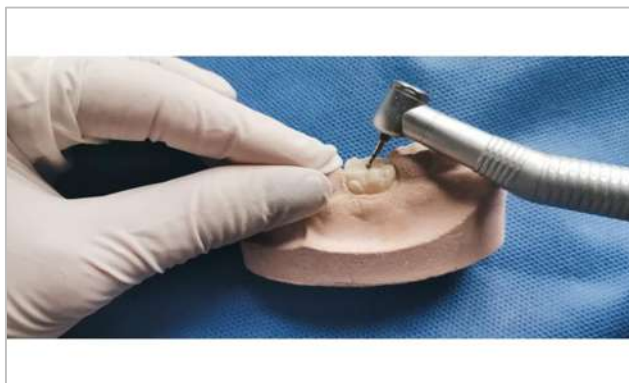


Figura 53.- Acceso a la cámara pulpar.

8. Para el acceso, estandarizamos la secuencia de la utilización de fresas comenzando con la fresa redonda de diamante 801-14 y 801-16 Fig.36 y al llegar a dentina cambiamos a fresa redonda de carburo FG2 y FG4 Fig.37 hasta sentir la caída en cámara pulpar, posterior se realizó el alisado y conformación de las paredes utilizando la fresa Endo Z evitando la perforación del piso cameral gracias a su punta BATT Fig.38

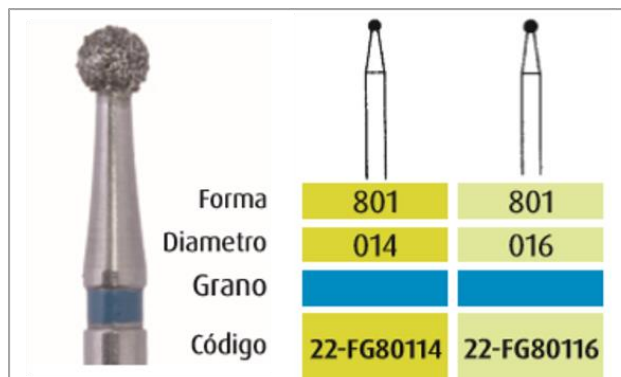


Figura 36.- Fresa de diamante
801-14 y 801-16 Jota®.

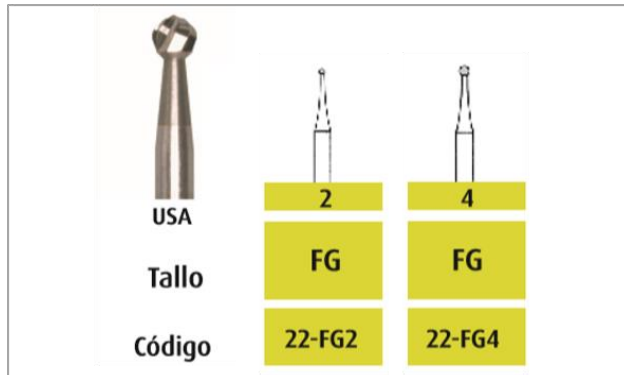


Figura 37.- Fresa de carburo redonda
FG2 y FG4 Jota®.

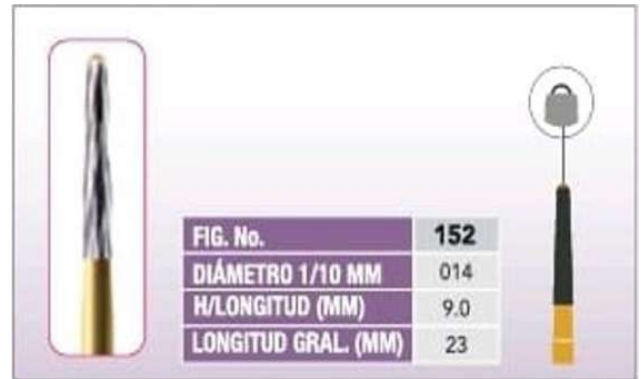


Figura 38.- Fresa Endo Z Jota®.

9. Utilizamos el explorador de operatoria con punta #1078/17 Fig.39 para rectificar y asegurarnos que no hubieran interferencias y para rectificar que estuviéramos en el conducto nos auxiliamos del Localizador de conductos DG16 Fig.40



Figura 39.- Punta de exploración #1078/17.



Figura 40.- Localizador de conductos DG16.

10. Introducimos una lima #10 en los conductos permeables para corroborar que no tenemos interferencias y tomamos una radiografía final. Fig.54- 57

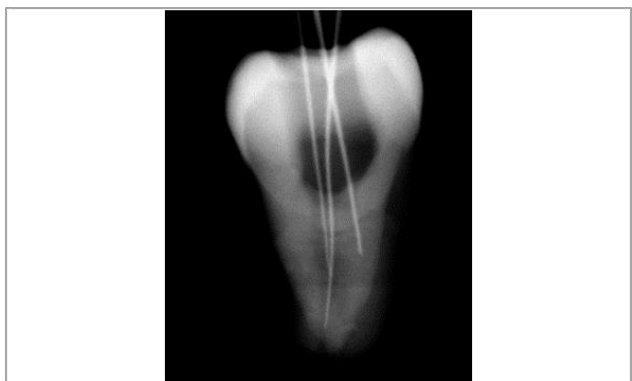


Figura 54.- Radiografía final.

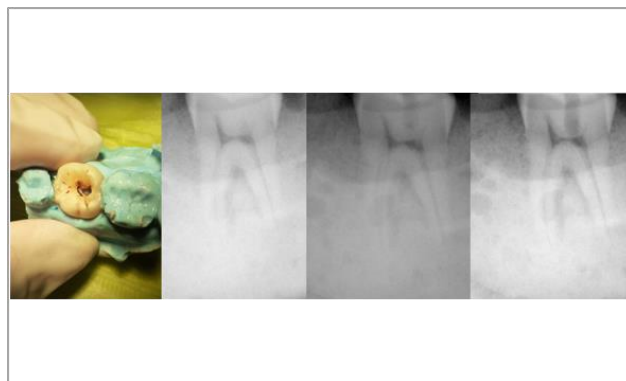


Figura 55.- Simulación en diente Natural.

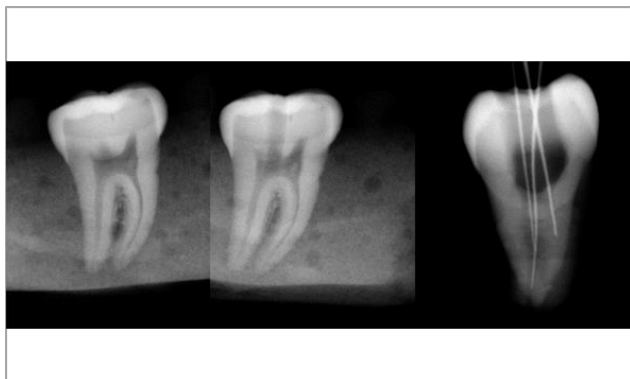


Figura 56.- Verificación del correcto acceso de un primer molar Inferior.

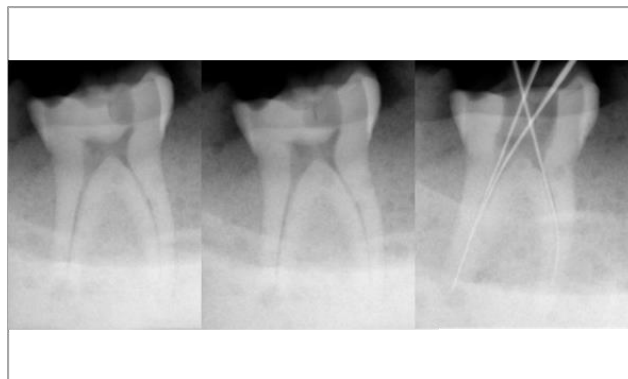


Figura 57.- Verificación del correcto acceso de un primer molar Inferior (Vista Vestíbulo – Lingual).

B) Planeación previa al uso de Simodont®:

- a. Toda organización del equipo de investigación y revisión de avances se llevó a cabo por medios virtuales. Fig.58 y 59

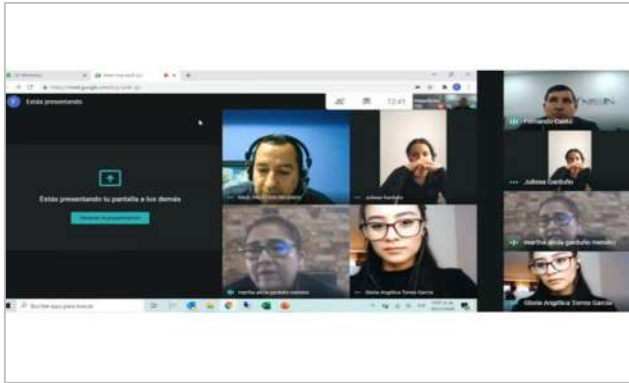


Figura 58.- Reunión virtual con colaboradores.

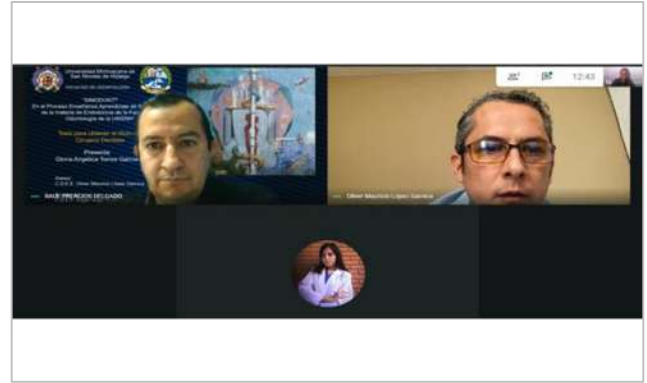


Figura 59.- Reunión virtual con los asesores.

C) Desarrollo de la investigación en las instalaciones de Nissin Monterrey:

- a. El equipo de investigación se trasladó a la ciudad de Monterrey en México a las instalaciones de Nissin. Fig.60 - 62.



Figura 60.- Pantalla de Bienvenida en Nissin®, Monterrey, México.



Figura 61.- Equipo de Investigación en las instalaciones de Nissin®, Monterrey, México.



Figura 62- Equipo de Investigación en las instalaciones de Nissin®, Monterrey, México.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García

- b. Recibimos una plática a cargo del Dr. Fernando Cantú acerca la historia, distribución y universidades que cuentan con el equipo simulador virtual Simodont®

Fig.63 y 64.



Figura 63.- Dr. Fernando Cantú capacitador en el uso de Simodont®.



Figura 64.- Capacitación en el uso de Simodont®.

- c. Nos dieron una introducción al uso del simulador y explicaron sus funciones. Para ingresar a la aplicación fue necesario un número de usuario y contraseña que permite guardar los registros y avances de forma personalizada de quienes lo usan.

Fig.65



Figura 65.- Dr. Moisés Parra hablando del funcionamiento de Simodont®.

El programa tiene preestablecidos casos clínicos así como pacientes, sin embargo existe la posibilidad de crear nuevos a través de un scanner intraoral. Fig.66

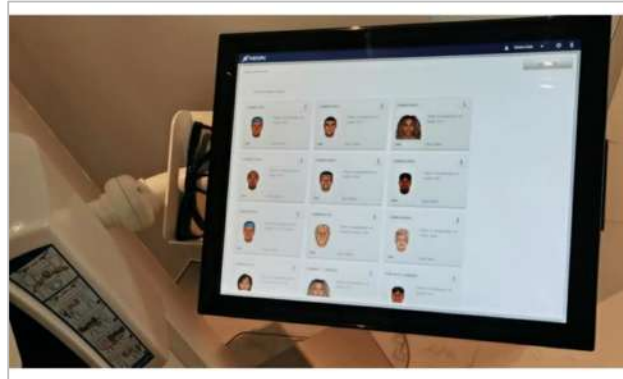


Figura 66.- Catalogo de pacientes de Simodont®.

- d. Después de la selección del caso en que se trabajará, seleccionamos el material que vamos a utilizar, en esta opción tiene la alternativa de que el titular desde la computadora madre deje todos los instrumentos disponibles y desde ese momento cuenta su evaluación
- e. Comenzamos resolviendo los distintos niveles que tiene el simulador para familiarizarnos con la experiencia háptica.

Etapas de entrenamiento para la familiarización del uso del simulador virtual háptico Simodont®:

1. Simulación de cubo o tabla virtual, que entrena para tener el control de la motricidad fina mediante el uso de pieza de mano de alta velocidad, percibiendo el momento en que es tocada una superficie que no se deseaba dentro de la tarea fijada sintiéndose una vibración. Fig.67



Figura 67.- Simulación de cubo o tabla virtual en Simodont®.

2. Práctica de Nissin®: Consiste en entrenar el control sobre la pieza de mano para contornear el logo de Nissin®, si tocamos la superficie azul nos restará puntos. Fig.68

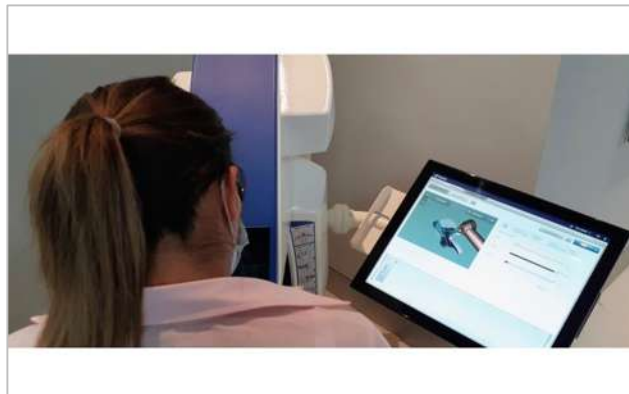


Figura 68.- Práctica demarcando la silueta de una imagen en Simodont®.

3. Práctica de visión indirecta: Uso del espejo cuidando la ergonomía.
4. Práctica de un solo diente: Se puede trabajar solo en un diente con patología y junto con otras opciones manipularlo para trabajar en correcta ergonomía. Fig.69

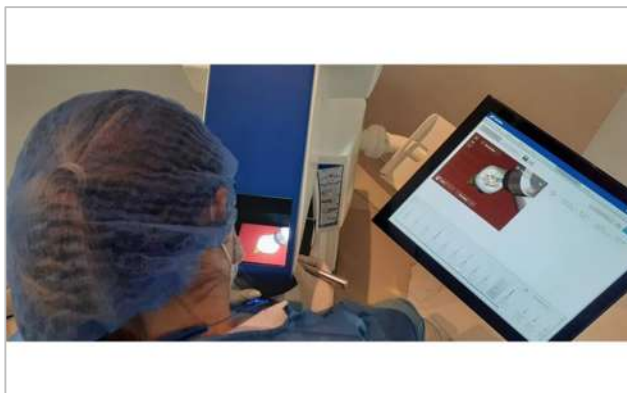


Figura 69.- Práctica de un diente individual en Simodont®.

5. Práctica de arcada: Podemos trabajar con la arcada superior e inferior, la inferior tiene lengua e incluso se puede manipular virtualmente con el espejo para retraerla, sintiendo la textura rugosa. La manipulación de la posición es más limitada siendo esta una situación más parecida a la realidad. Fig.70

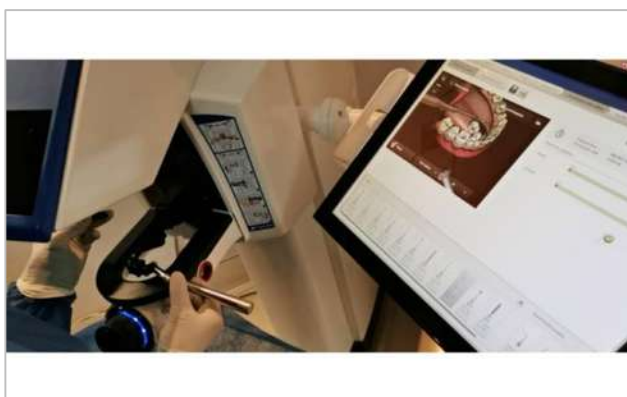


Figura 70.- Práctica en el maxilar inferior en Simodont®.

- f. En base al sustento teórico recabado, la introducción y las indicaciones previas, pasamos a familiarizarnos con el simulador virtual Simodont® bajo las medidas indicadas de salud y distanciamiento social, usando cubre bocas, gorro, bata desechable y manipulando el simulador con guantes. Fig.71- 77.



Figura 71.- Investigadora Gloria Angélica Torres García con el equipo de simulación y barreras de protección.

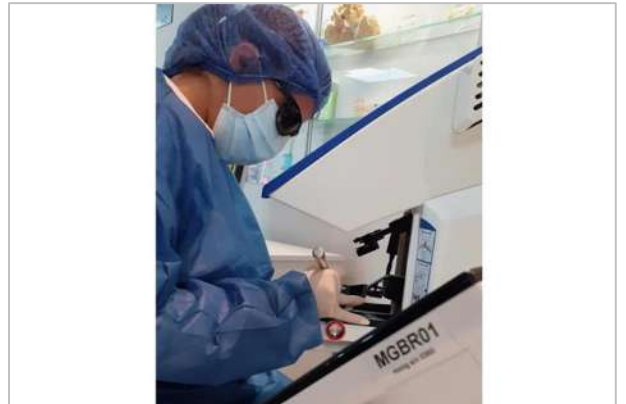


Figura 72.- Colaboradora Karen Julissa Guerrero Garduño, practicando puntos de apoyo.

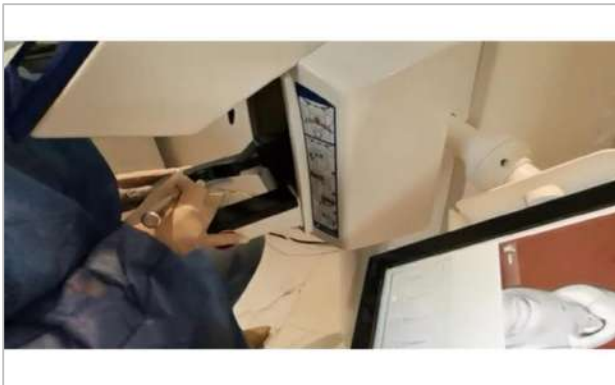


Figura 73.- Colaboradora Karen Julissa Guerrero Garduño, logrando punto de apoyo para mayor precisión.



Figura 74.- Colaboradora Lizeth Trujillo Baeza siguiendo protocolo de ergonomía.

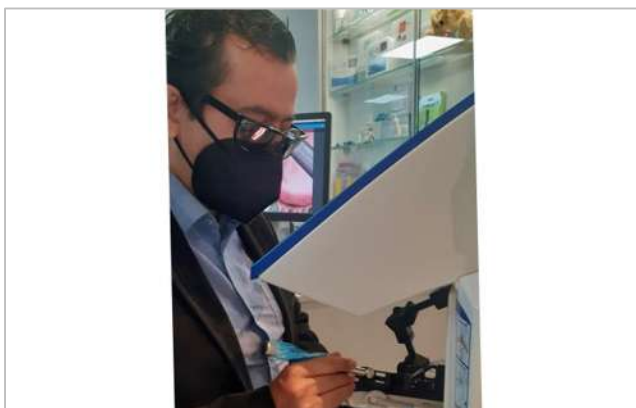
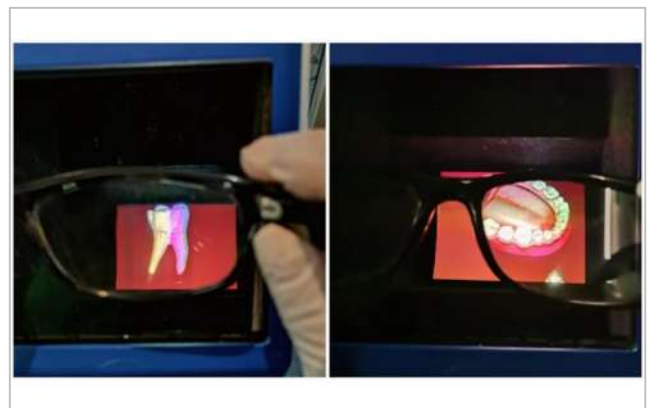
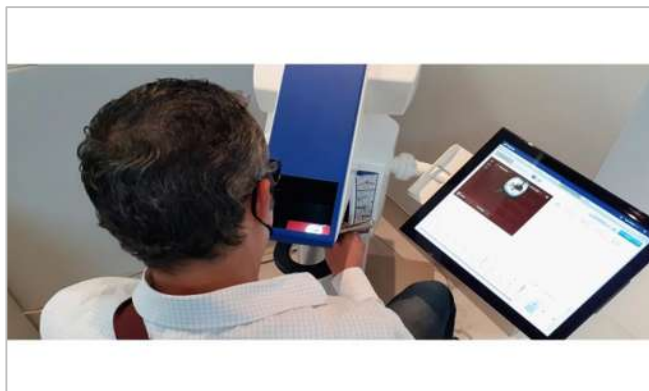


Figura 75.- Asesor en Metodología Dr. Edgar Hugo Trujillo Torres usando las gafas para visión en 3D del Simodont®.





**Figura 77.- Asesor Dr. Oliver Mauricio López Garnica
percibiendo el nivel de realismo de Simodont®.**

- g. El acceso endodóntico se realizó bajo la metodología estandarizada previamente al realizar el comparativo en el diente natural.

Comenzamos con una fresa de diamante redonda FG 001 016 BL, realizando la perforación en la porción central del diente, marcando los puntos de referencia, pudimos sentir la dureza y la dificultad para perforar como si estuviéramos trabajando sobre esmalte.

Al llegar a dentina se siente el cambio de tejido y se ve un cambio de coloración, cambiamos a fresa redonda de carburo RAL 001 012, se siente la diferencia al cambiar de fresa en el tipo de corte.

Al sentir la caída al vacío pudimos ver una coloración roja lo cual nos indicaba que estábamos en pulpa, tiene el simulador una opción llamada irrigar lo cual quitaba la pulpa para continuar conformando el acceso con la fresa Endo Z, utilizamos una cucharilla de dentina para evaluar y posteriormente retirar retenciones, también tiene una opción de transparentar la cual nos ayuda a observar como si estuviéramos viendo una radiografía y el simulador nos permite girar el diente para ver y evaluar detalles internos del acceso. Con un explorador de conductos DG16-2 podemos localizar los conductos, incluso el nivel de realismo del simulador no permite que el

explorador se desliza de un conducto a otro, tenemos que elevarlo para cambiar de conducto. Desde el momento en el que elegimos el instrumental hasta que damos clic en finalizar la práctica cuenta el tiempo y la cantidad de tejido destruido y automáticamente arroja una evaluación. Fig.78-82.

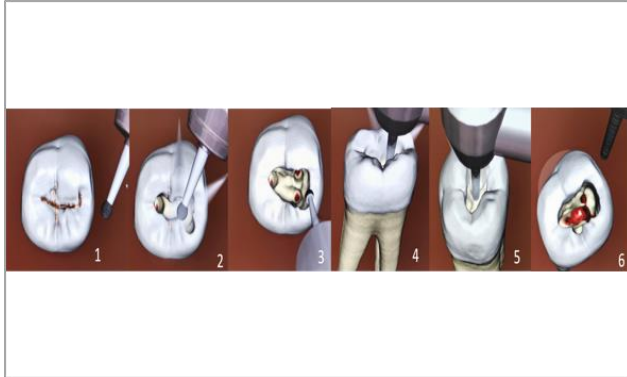


Figura 78.- Secuencia de acceso endodóntico en Simodont® parte 1.

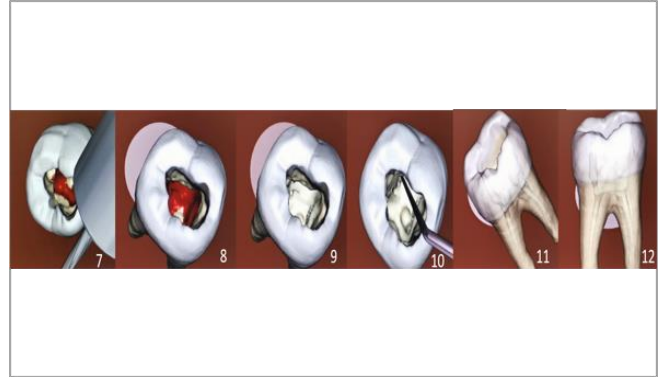


Figura 79.- Secuencia de acceso endodóntico en Simodont® parte 2.

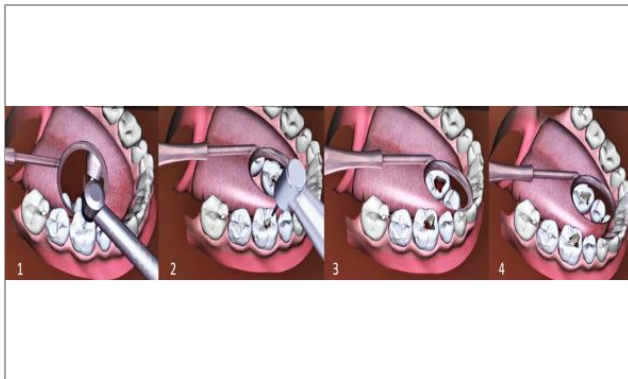


Figura 80.- Secuencia de acceso endodóntico en arcada inferior en Simodont®.



Figura 81.- Fresas utilizadas en Simodont®.



Figura 82.- Manejo de Simodont®.

h. Finalmente se resolvieron tres formularios uno previo y dos posterior al estar expuesto a la manipulación del Simulador, con la finalidad de evaluar distintos aspectos, fueron realizados estos formularios por el equipo de investigación bajo la plataforma de Microsoft Forms en los cuales se recaudó información basado en su experiencia. Fig.83- 85.

Simodont Dental Trainer®
"Formulario pre experimental respecto a la háptica"

En este formulario evaluaremos el conocimiento previo que tiene el alumno acerca de algunos conceptos generales y conoceremos la relación que ha tenido con algunos equipos de entrenamiento para la educación en odontología.

* Required

1. Completa el siguiente espacio con tu nombre, edad, grado académico y universidad.

Ingrese su respuesta

Simodont Dental Trainer®
"Formulario pos experimental en endodoncia"

En este formulario evaluaremos la percepción adquirida en el área de endodoncia al realizar accesos en primeros molares inferiores en el simulador virtual háptico Simodont®.

* Required

1. Completa el siguiente espacio con tu nombre, edad, grado académico y universidad.

Ingrese su respuesta

2. ¿Consideras que puede ser útil el uso de Simodont® para la adquisición de habilidades manuales en la

Figura 83.- Formulario pre experimental respecto a la háptica.

Simodont Dental Trainer®
"Formulario pos experimental respecto a la háptica"

En este formulario evaluaremos las habilidades y la percepción adquirida en el uso del simulador virtual háptico Simodont®.

* Required

1. Completa el siguiente espacio con tu nombre, edad, grado académico y universidad.

Enter your answer

2. ¿Consideras que puede ser útil el uso de Simodont®

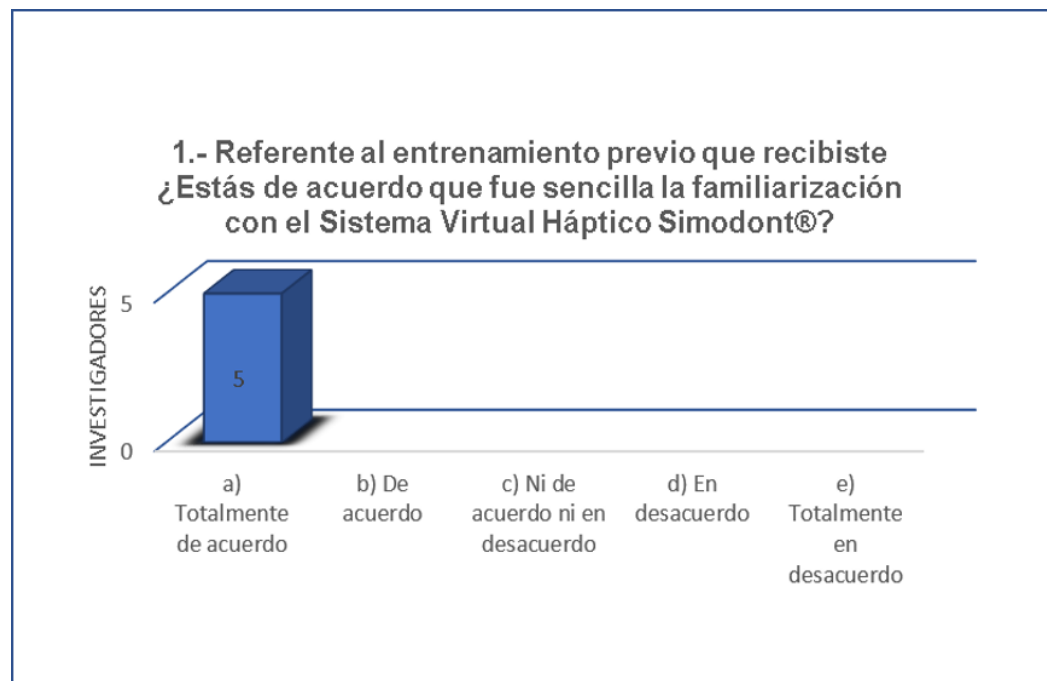
Figura 85.- Formulario post experimental respecto a la háptica.

13.- RESULTADOS

1.- Referente al entrenamiento previo que recibiste ¿Estás de acuerdo que fue sencilla la familiarización con el Sistema Virtual Háptico Simodont®?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 1. Opinión de familiarización con Simodont® de los investigadores después del entrenamiento previo recibido.

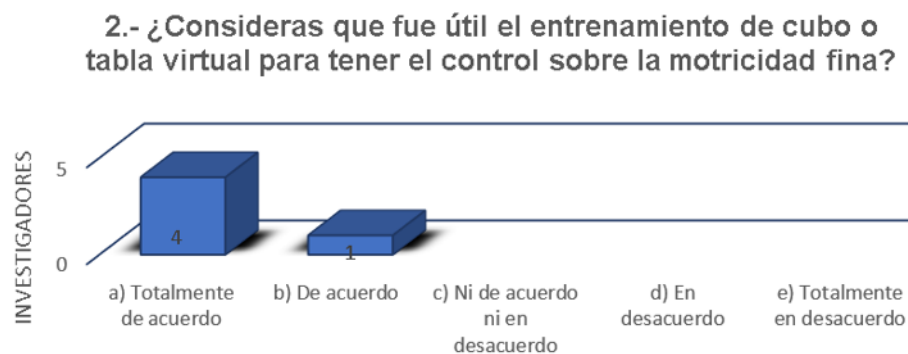


Gráfica 1. Concuerdan los investigadores que la familiarización con Simodont® de los investigadores después del entrenamiento previo recibido fue sencilla.

2.- ¿Consideras que fue útil el entrenamiento de cubo o tabla virtual para tener el control sobre la motricidad fina?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X		X	X
b) De acuerdo			X		
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 2. Respuesta de los investigadores acerca de la utilidad del entrenamiento en cubo o tabla virtual para controlar la motricidad fina.

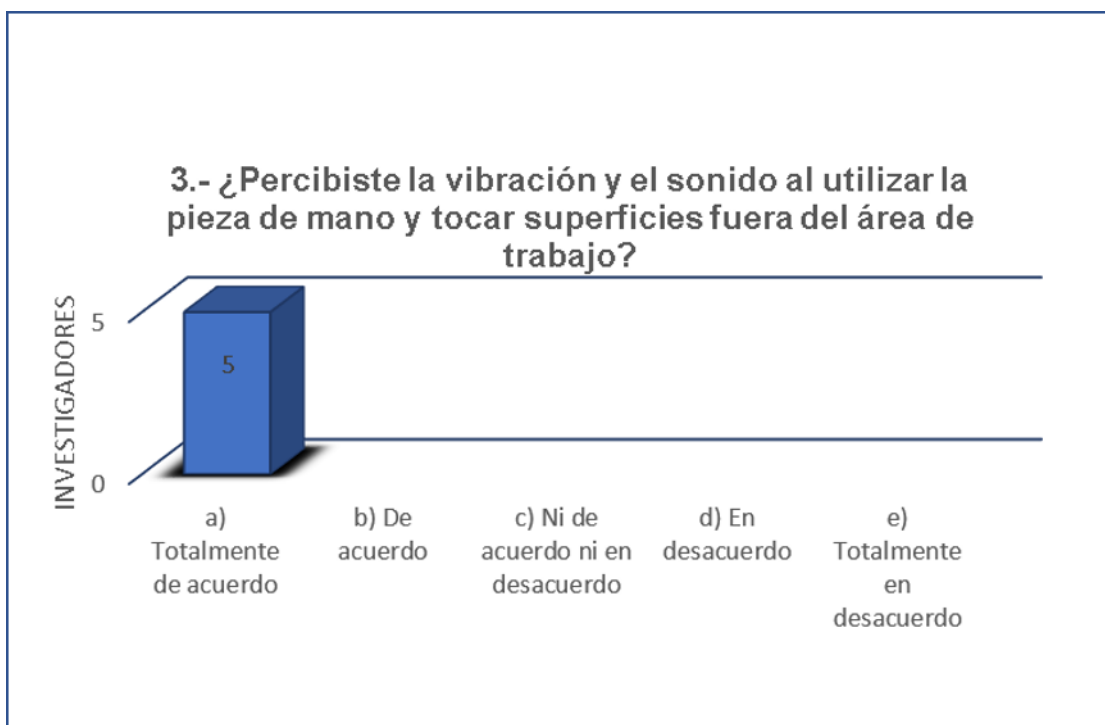


Gráfica 2. Los investigadores están de acuerdo aunque no en el mismo grado acerca de la utilidad del entrenamiento en cubo o tabla virtual para controlar la motricidad fina.

3.- ¿Percibiste la vibración y el sonido al utilizar la pieza de mano y tocar superficies fuera del área de trabajo?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 3. Opinión sobre la percepción del sonido y vibración de la pieza de mano al tocar superficies fuera del área de trabajo.

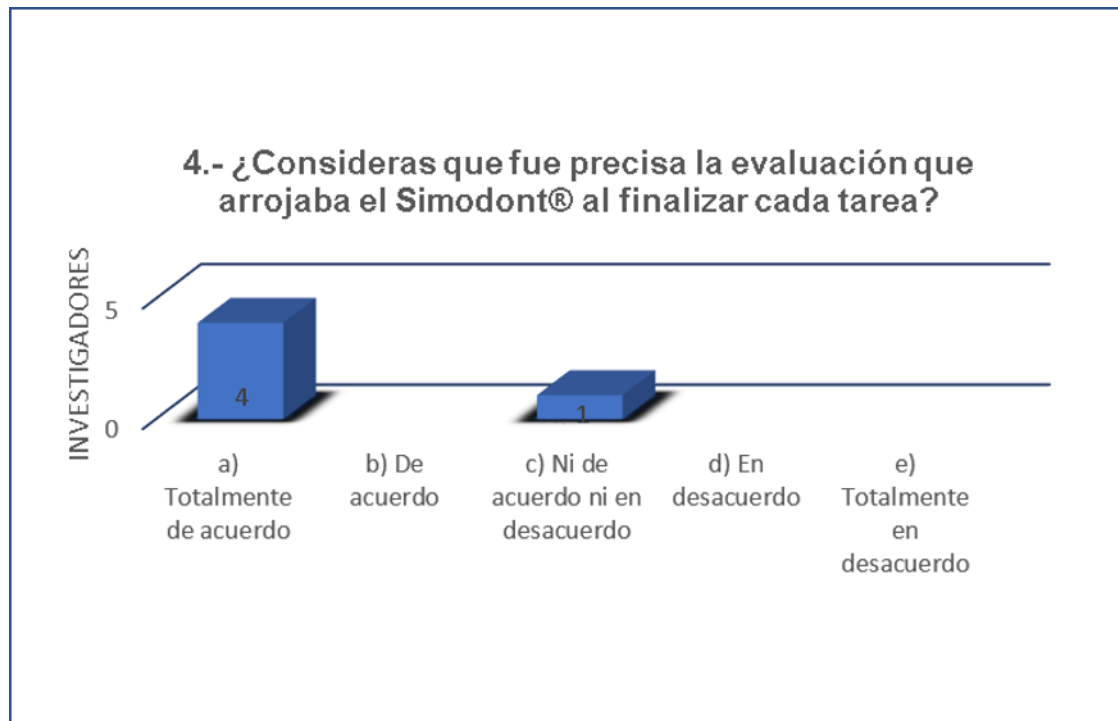


Gráfica 3. Los investigadores están totalmente de acuerdo con que la vibración y sonido es perceptible al momento en que la pieza de mano toca una superficie fuera del área de trabajo.

4.- ¿Consideras que fue precisa la evaluación que arrojaba el Simodont® al finalizar cada tarea?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X		X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo				X	
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 4.- Criterio de los investigadores sobre la precisión de la evaluación de Simodont® al finalizar cada tarea.



Gráfica 4.- Cuatro investigadores están totalmente de acuerdo sobre la precisión de la evaluación de Simodont® al finalizar cada tarea.



5.- ¿Consideras eficiente el entrenamiento de visión indirecta utilizando el espejo del Simodont®?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X		X	X	
b) De acuerdo		X			X
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 5.- Veredicto del equipo de investigación sobre la eficiencia de la visión indirecta utilizando el espejo del Simodont®.

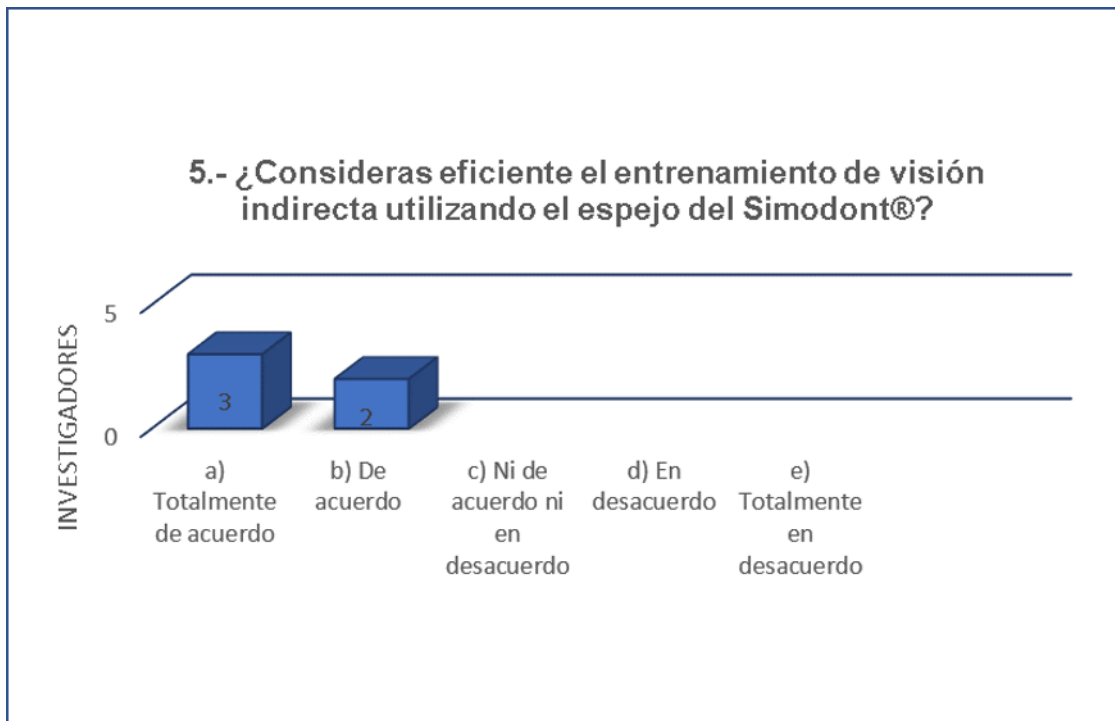


Tabla 5.- Tres investigadores están totalmente de acuerdo sobre la eficiencia de la visión indirecta utilizando el espejo del Simodont®.

6.- ¿Cómo evaluarías la función de girar el diente a 360° para visualizar la corona del diente al realizar la actividad?

	INVG 1	INVG 2	INVG 3	INVG 4	INVG 5
a) Extremadamente útil	X		X	X	
b) Muy útil					X
c) Algo útil		x			
d) No muy útil					
e) Para nada útil					

Tabla 6.- Opinión de los investigadores sobre la función de girar el diente a 360° para visualizar la corona del diente al realizar la actividad

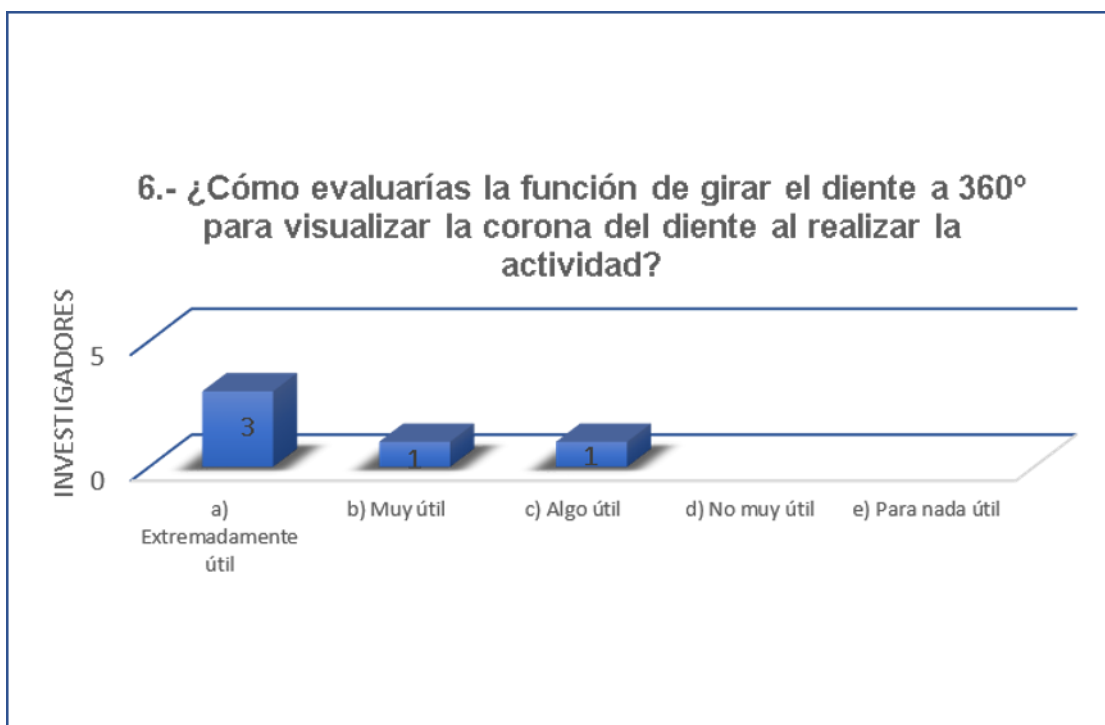
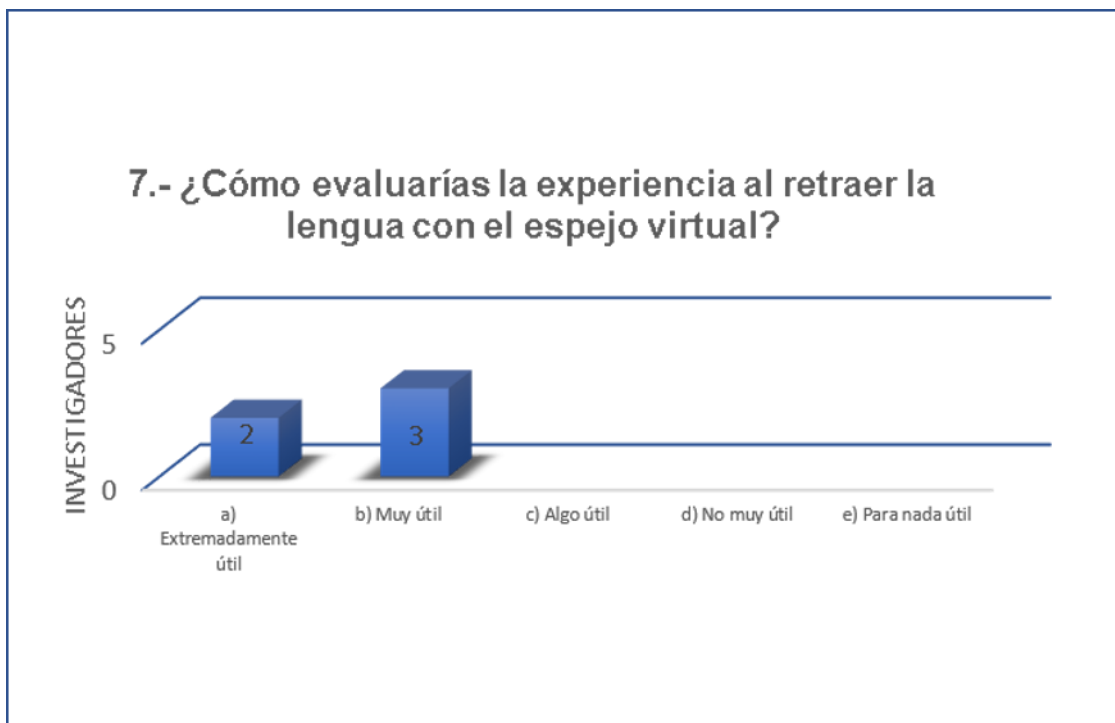


Tabla 6.- Tres investigadores consideran que es extremadamente útil la función de girar el diente a 360° para visualizar la corona del diente al realizar la actividad.

7.- ¿Cómo evaluarías la experiencia al retraer la lengua con el espejo virtual?

	INVG 1	INVG 2	INVG 3	INVG 4	INVG 5
a) Extremadamente útil			X	X	
b) Muy útil	x	x			X
c) Algo útil					
d) No muy útil					
e) Para nada útil					

Tabla 7.- Evaluación de la experiencia al retraer la lengua con el espejo virtual por el equipo de investigación.

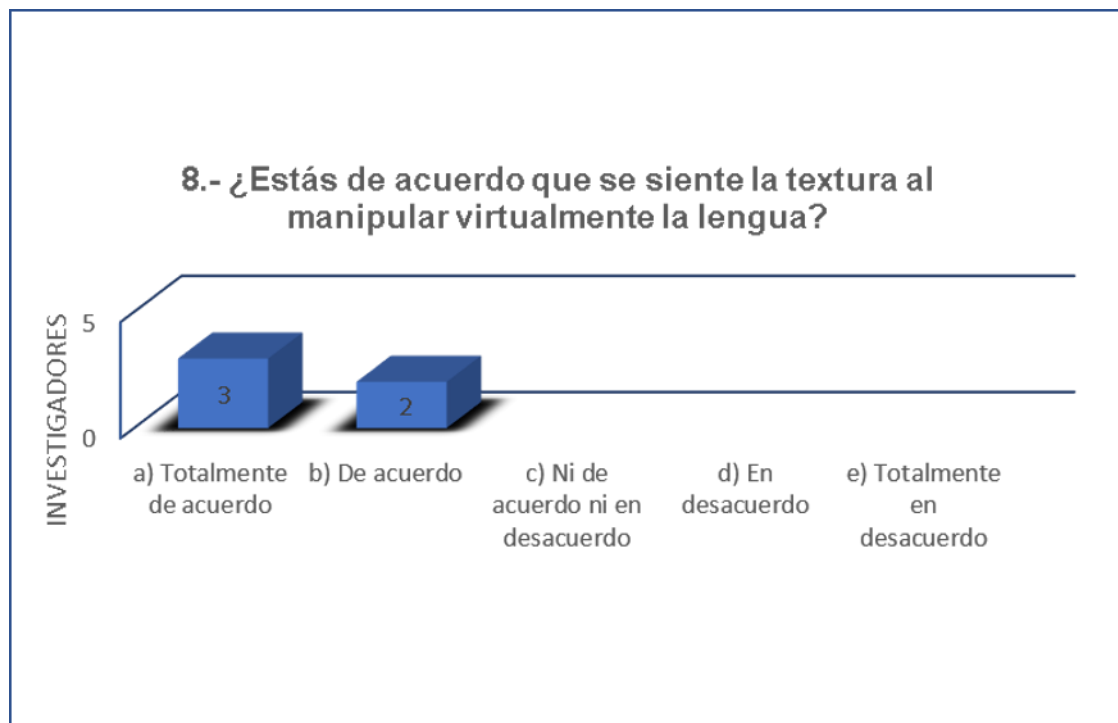


Gráfica 7.- Solo a dos investigadores les pareció extremadamente útil la experiencia al retraer la lengua con el espejo.

8.- ¿Estás de acuerdo que se siente la textura al manipular virtualmente la lengua?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	x		X	X	
b) De acuerdo		x			X
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 8.- Opinión del equipo de investigación acerca de la textura al manipular virtualmente la lengua.

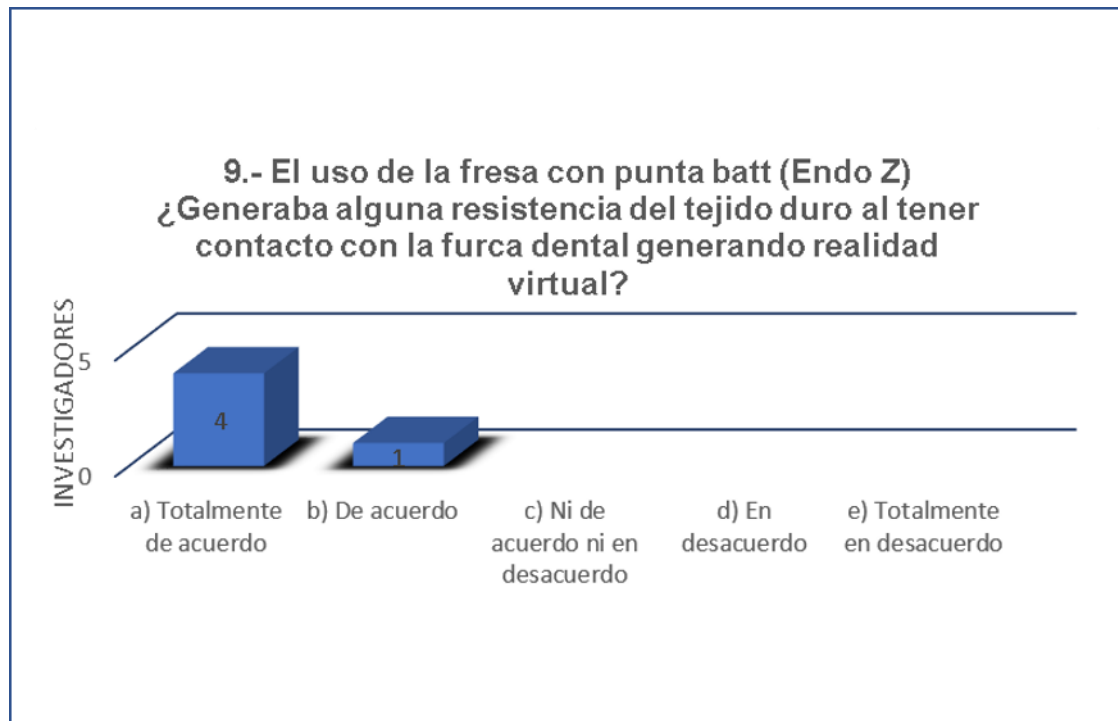


Gráfica 8.- Tres integrantes del equipo de investigación están totalmente de acuerdo acerca de la textura al manipular virtualmente la lengua.

9.- El uso de la fresa con punta batt (Endo Z) ¿generaba alguna resistencia del tejido duro al tener contacto con la furca dental generando realidad virtual?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	x	x	X		x
b) De acuerdo				x	
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 9.- Criterio del equipo de investigación sobre el uso de la fresa con punta batt (Endo Z) al generar resistencia al tener contacto con la furca dental en realidad virtual.

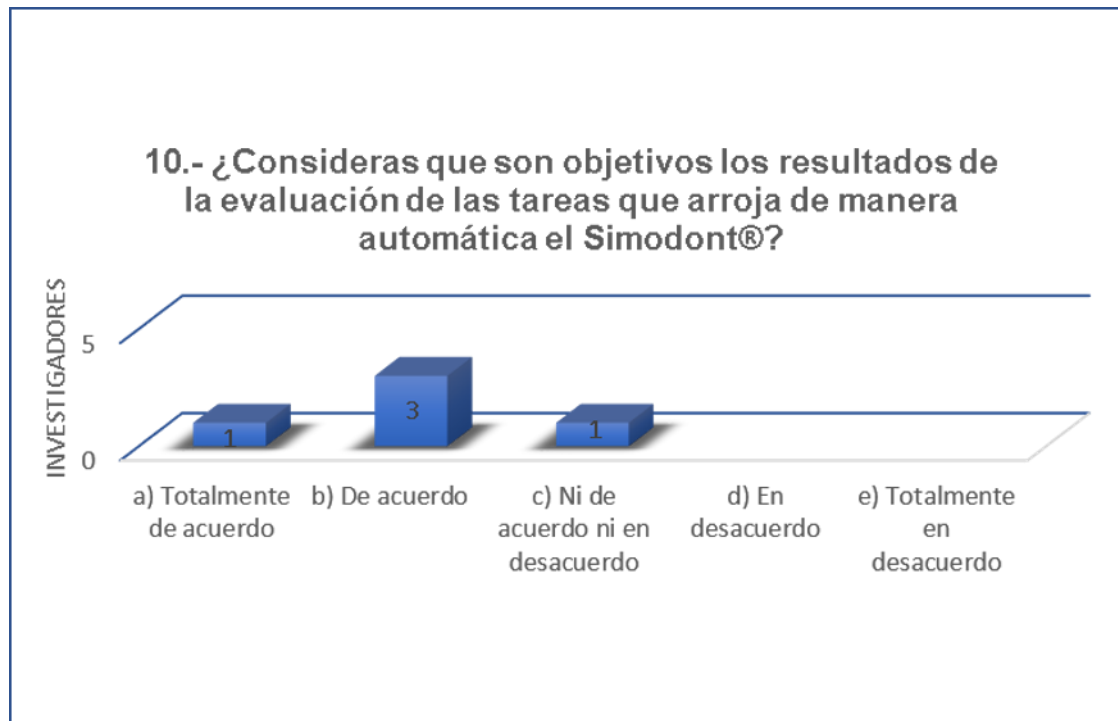


Gráfica 9.- Cuatro investigadores están de acuerdo sobre el uso de la fresa con punta batt (Endo Z) al generar resistencia al tener contacto con la furca dental en realidad virtual.

10.- ¿Consideras que son objetivos los resultados de la evaluación de las tareas que arroja de manera automática el Simodont®?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo			X		
b) De acuerdo	X	X		X	
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					X
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 10.- Criterio de los investigadores acerca de los resultados de la evaluación de las tareas que arroja de manera automática Simodont®.

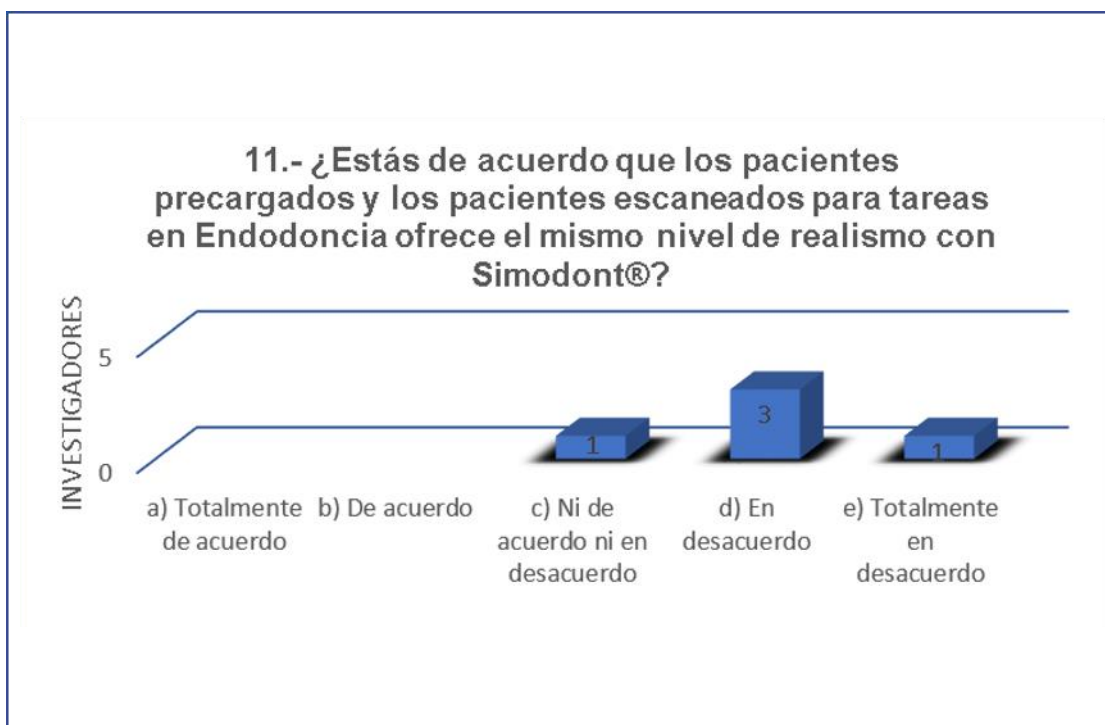


Gráfica 10.- Tres miembros del equipo de investigación están de acuerdo con los resultados de la evaluación de las tareas que arroja de manera automática Simodont®.

11.- ¿Estás de acuerdo que los pacientes precargados y los pacientes escaneados para tareas en Endodoncia ofrece el mismo nivel de realismo con Simodont®?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo					
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo		X			
d) En desacuerdo	X		X		X
e) Totalmente en desacuerdo				X	

Tabla 11.- Comparativo del nivel de realismo de pacientes precargados y pacientes escaneados para tareas en Endodoncia en Simodont®.

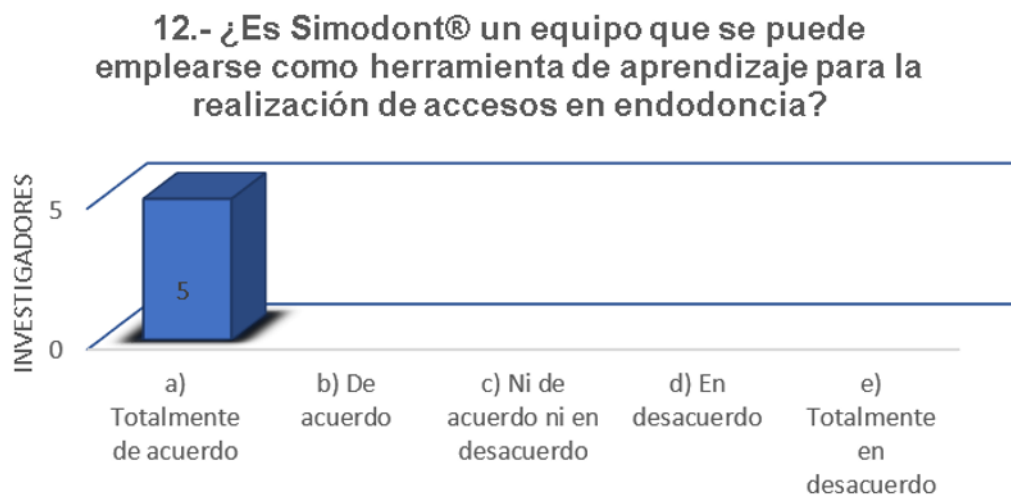


Gráfica 11.- Tres investigadores están en desacuerdo con el nivel de realismo de pacientes precargados y pacientes escaneados para tareas en Endodoncia en Simodont®.

12.- ¿Es Simodont® un equipo que puede emplearse como herramienta de aprendizaje para la realización de accesos en endodoncia?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 12.- Criterio de los investigadores sobre Simodont® como herramienta de aprendizaje para la realización de accesos en endodoncia.

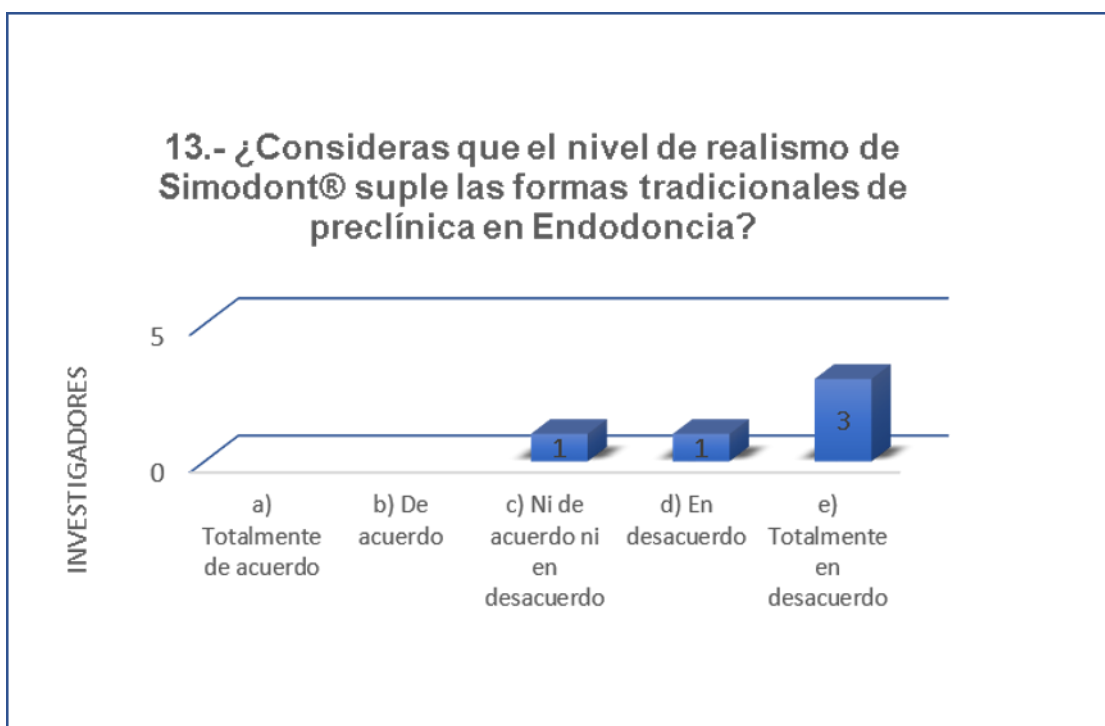


Gráfica 12.- El equipo de investigación está totalmente de acuerdo en que Simodont® es una excelente herramienta de aprendizaje para la realización de accesos en endodoncia.

13.- ¿Consideras que el nivel de realismo de Simodont® suple las formas tradicionales de preclínica en Endodoncia?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo					
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo			X		
d) En desacuerdo				X	
e) Totalmente en desacuerdo	X	X			X

Tabla 13.- Opinión sobre el nivel de realismo de Simodont® supliendo los métodos tradicionales en preclínica de Endodoncia.

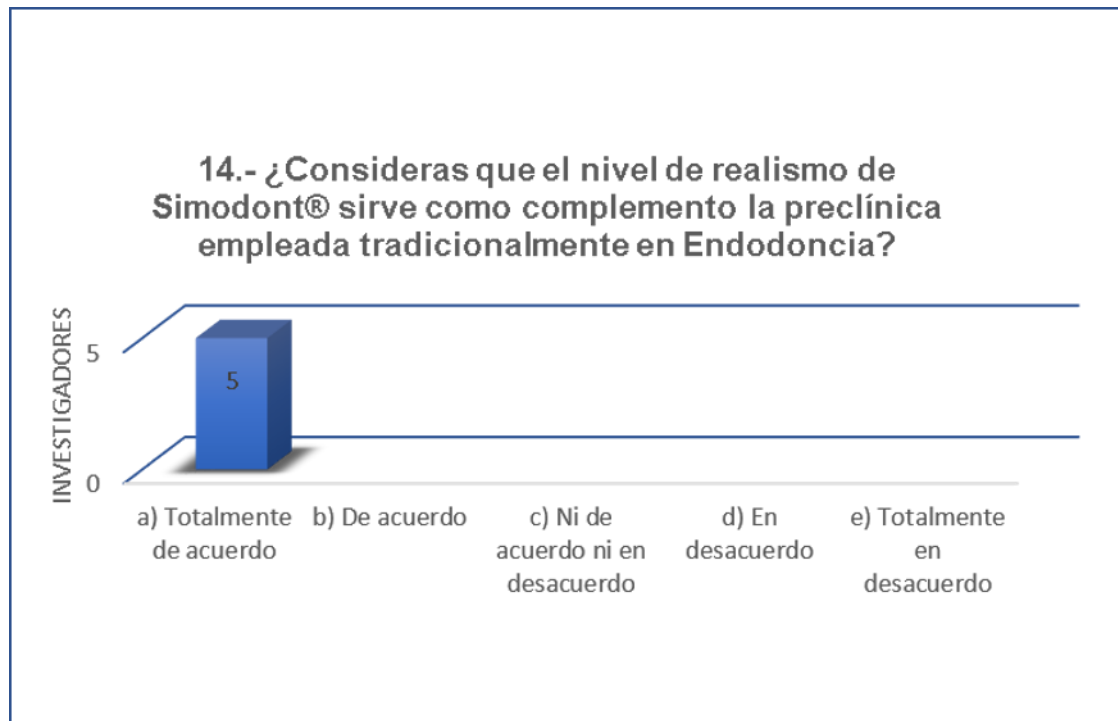


Gráfica 13.- Tres investigadores están totalmente en desacuerdo al afirmar que suple los métodos tradicionales en preclínica de Endodoncia.

14.- ¿Consideras que el nivel de realismo de Simodont® sirve como complemento la preclínica empleada tradicionalmente en Endodoncia?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 14.- Opinión sobre el nivel de realismo de Simodont® como complemento de los métodos tradicionales en preclínica de Endodoncia.

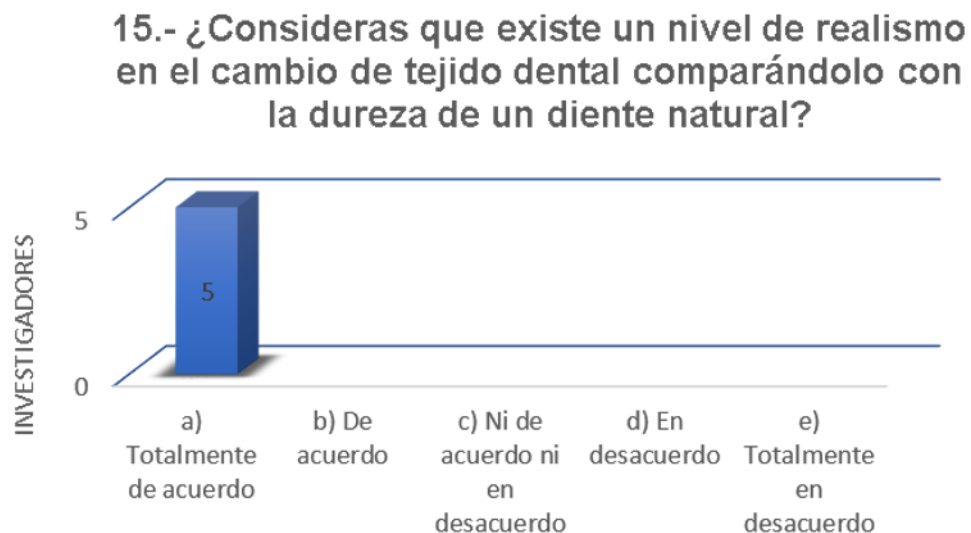


Gráfica 14.- Los investigadores están totalmente de acuerdo al afirmar que es un complemento de los métodos tradicionales en preclínica de Endodoncia.

15.- ¿Consideras que existe un nivel de realismo en el cambio de tejido dental comparándolo con la dureza de un diente natural?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 15.- Criterio sobre el nivel de realismo al cambio de tejido dental comparándolo con la dureza de un diente natural.

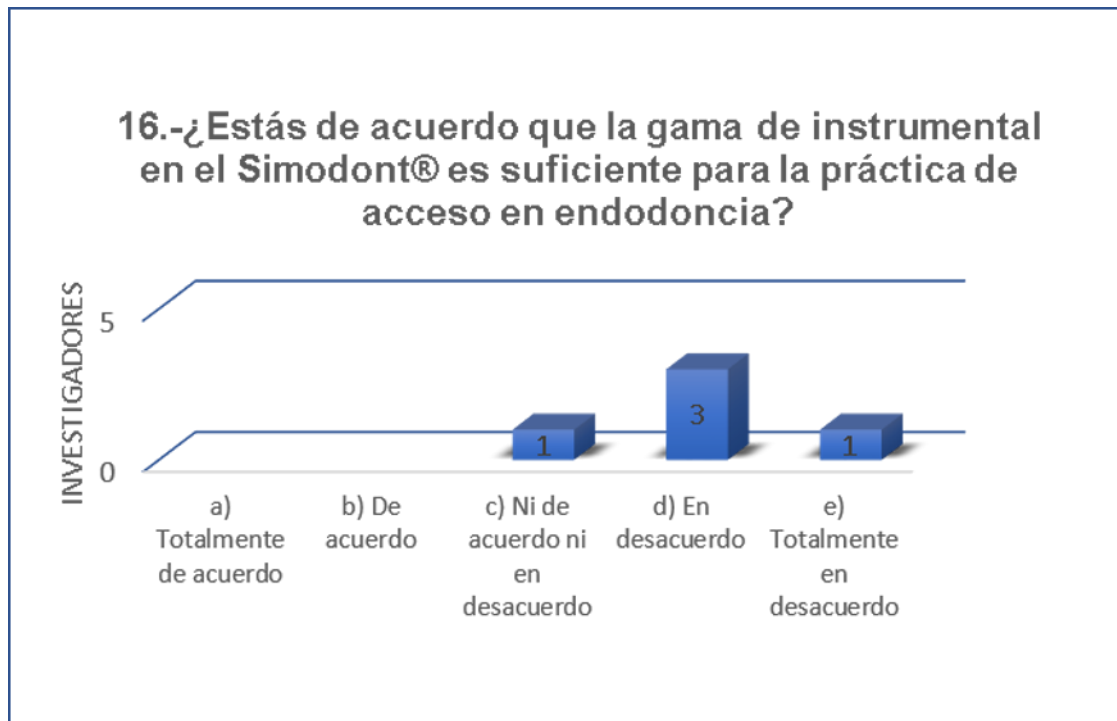


Gráfica 15.- El equipo está totalmente de acuerdo sobre el nivel de realismo al cambio de tejido dental comparándolo con la dureza de un diente natural.

16.-¿Estás de acuerdo que la gama de instrumental en el Simodont® es suficiente para la práctica de acceso en endodoncia?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo					
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo		X			
d) En desacuerdo	X		X		X
e) Totalmente en desacuerdo				X	

Tabla 16.- Criterio acerca de la suficiencia de la gama del instrumental en Simodont® para la práctica de acceso en endodoncia.

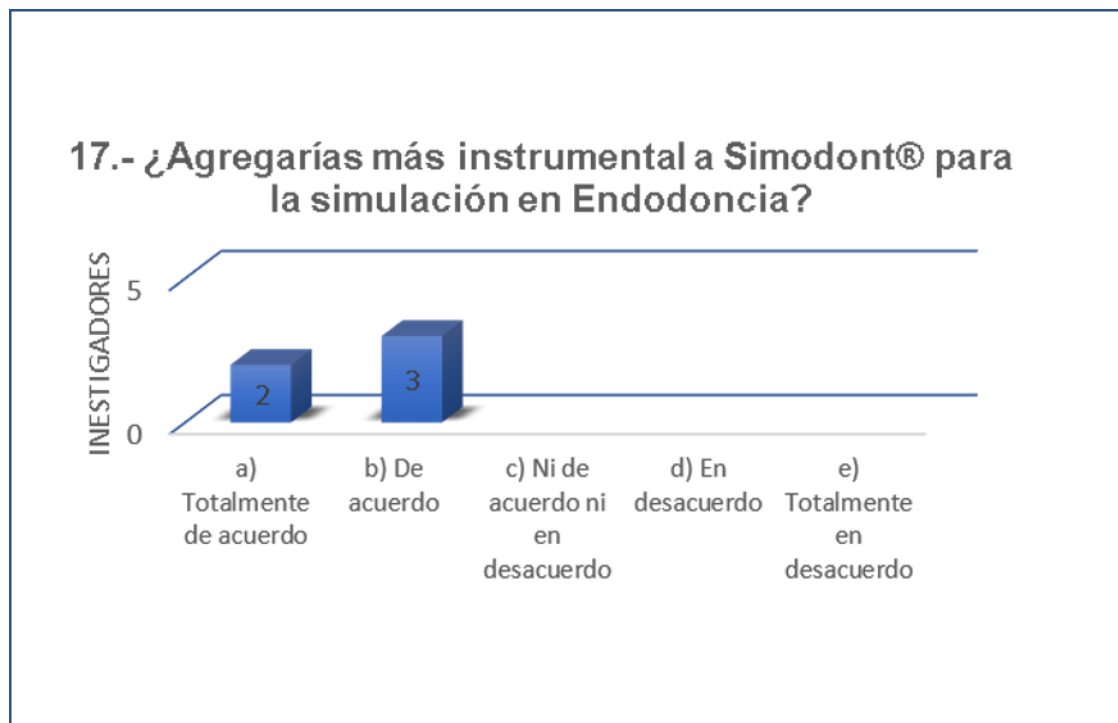


Gráfica 16.- Tres investigadores están en desacuerdo sobre la suficiencia de la gama del instrumental en Simodont® para la práctica de acceso en endodoncia.

17.- ¿Agregarías más instrumental a Simodont® para la simulación en Endodoncia?

	INVG 1	INVG 2	INVG 3	INVG 4	INVG 5
a) Totalmente de acuerdo				X	X
b) De acuerdo	X	X	X		
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 17.- Opinión acerca de agregar más instrumental a Simodont® para la simulación en endodoncia.

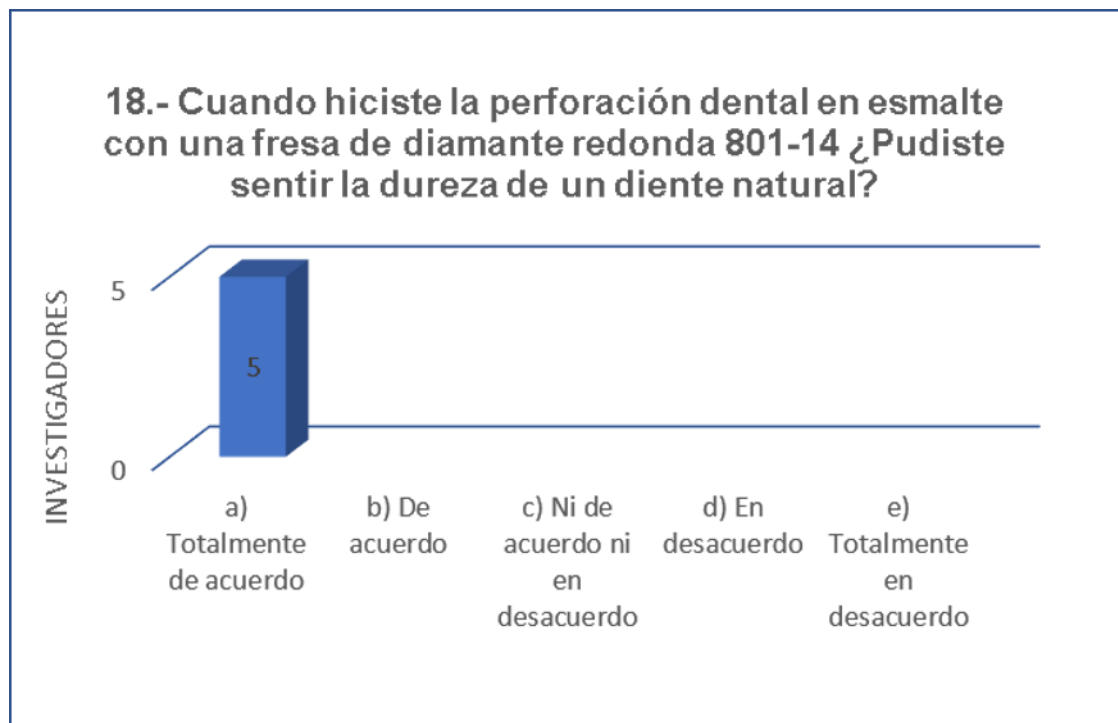


Gráfica 17.- Tres investigadores están de acuerdo con agregar más instrumental a Simodont® para la simulación en endodoncia y dos están totalmente de acuerdo.

18.- Cuando hiciste la perforación dental en esmalte con una fresa de diamante redonda 801-14 ¿Pudiste sentir la dureza de un diente natural?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 18.- Opinión acerca de la dureza en comparación de un diente natural al perforar el esmalte con una fresa virtual de forma redonda de diamante.

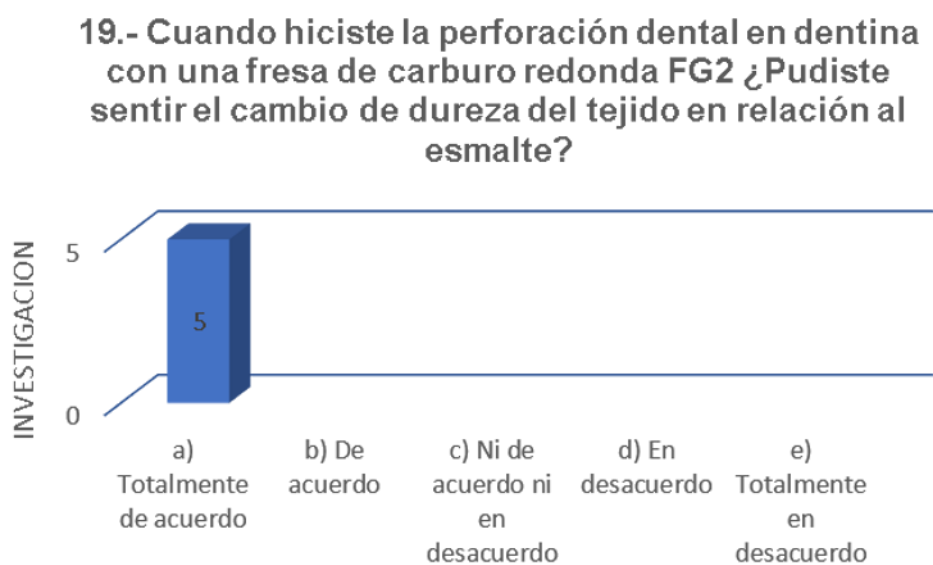


Gráfica 18.- Los investigadores están totalmente de acuerdo acerca de la dureza en comparación de un diente natural al perforar el esmalte con una fresa virtual de forma redonda de diamante.

19.- Cuando hiciste la perforación dental en dentina con una fresa de carburo redonda FG2 ¿Pudiste sentir el cambio de dureza del tejido en relación al esmalte?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 19.- Opinión acerca de la dureza en comparación de un diente natural al perforar la dentina con una fresa virtual de forma redonda de carburo.

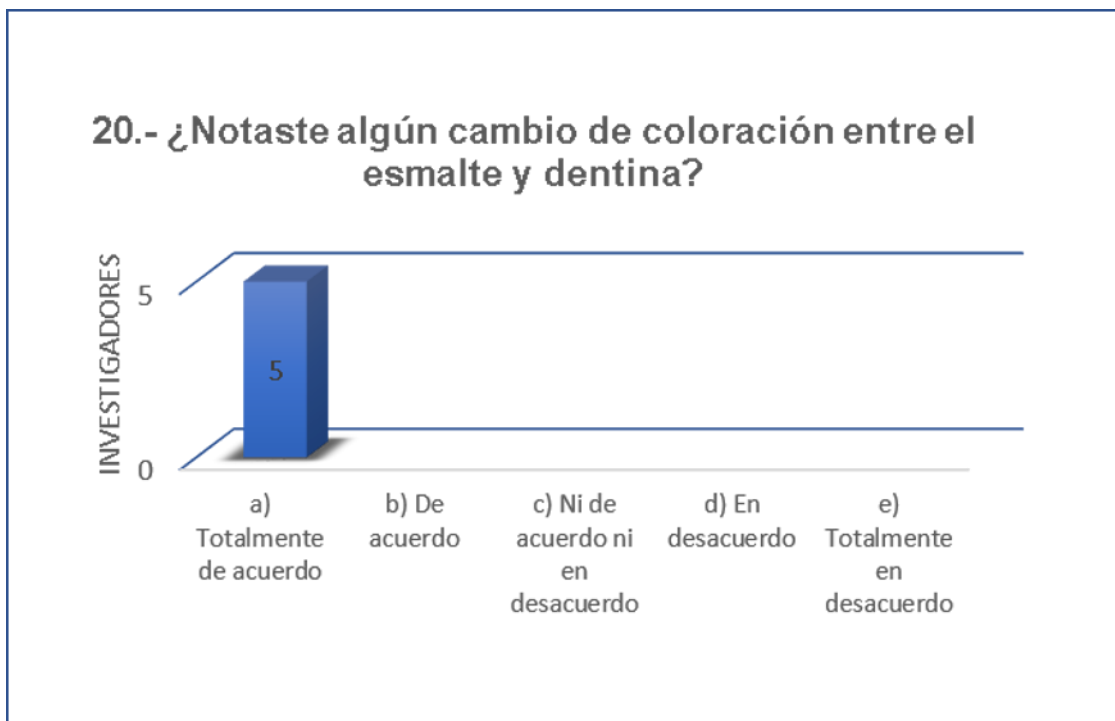


Gráfica 19.- El equipo de investigación está totalmente de acuerdo acerca de la dureza en comparación de un diente natural al perforar la dentina con una fresa virtual de forma redonda de carburo.

20.- ¿Notaste algún cambio de coloración entre el esmalte y dentina?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 20.- Criterio acerca del cambio de coloración entre esmalte y dentina.



Gráfica 20.- El equipo de investigación está de acuerdo acerca de que hay un cambio de coloración entre esmalte y dentina.

21.- Cuándo utilizaste los lentes 3D ¿Tuviste una mejor visión mostrando incluso relieves y surcos?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 21.- Opinión de los investigadores sobre el uso de los lentes 3D mostrando relieves y surcos.

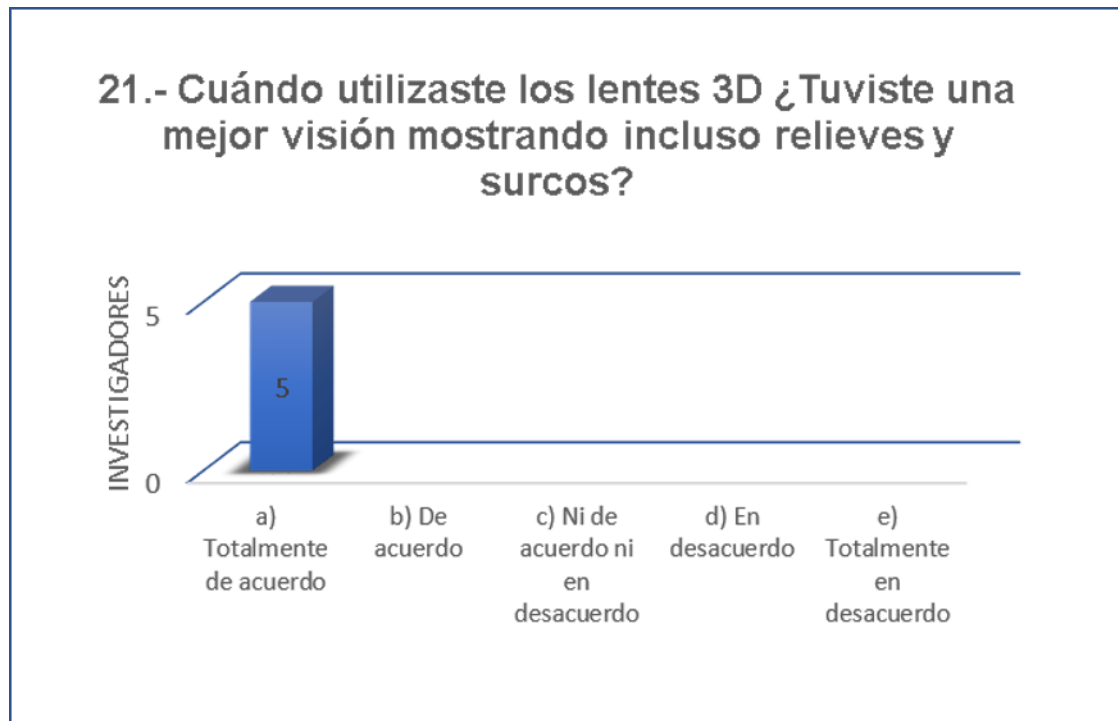
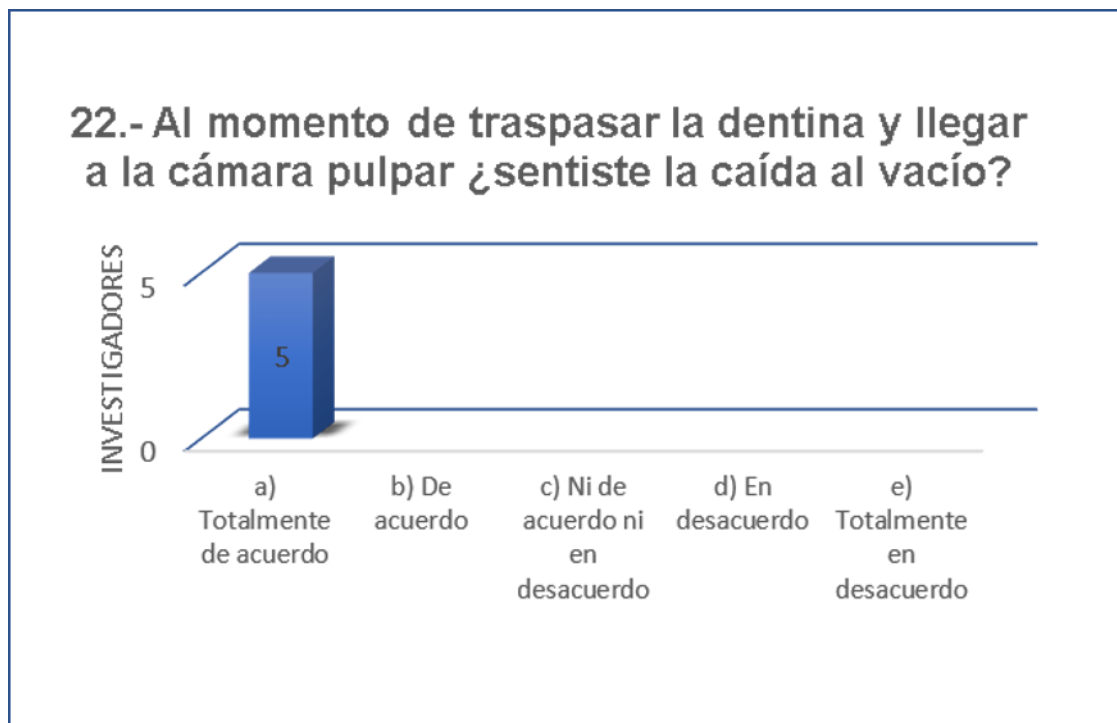


Tabla 21.- El equipo de investigación está totalmente de acuerdo sobre el uso de los lentes 3D mostrando relieves y surcos.

22.- Al momento de traspasar la dentina y llegar a la cámara pulpar ¿sentiste la caída al vacío?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 22.- Perspectiva del equipo de investigación al traspasar dentina y llegar a cámara pulpar sintiendo el vacío.

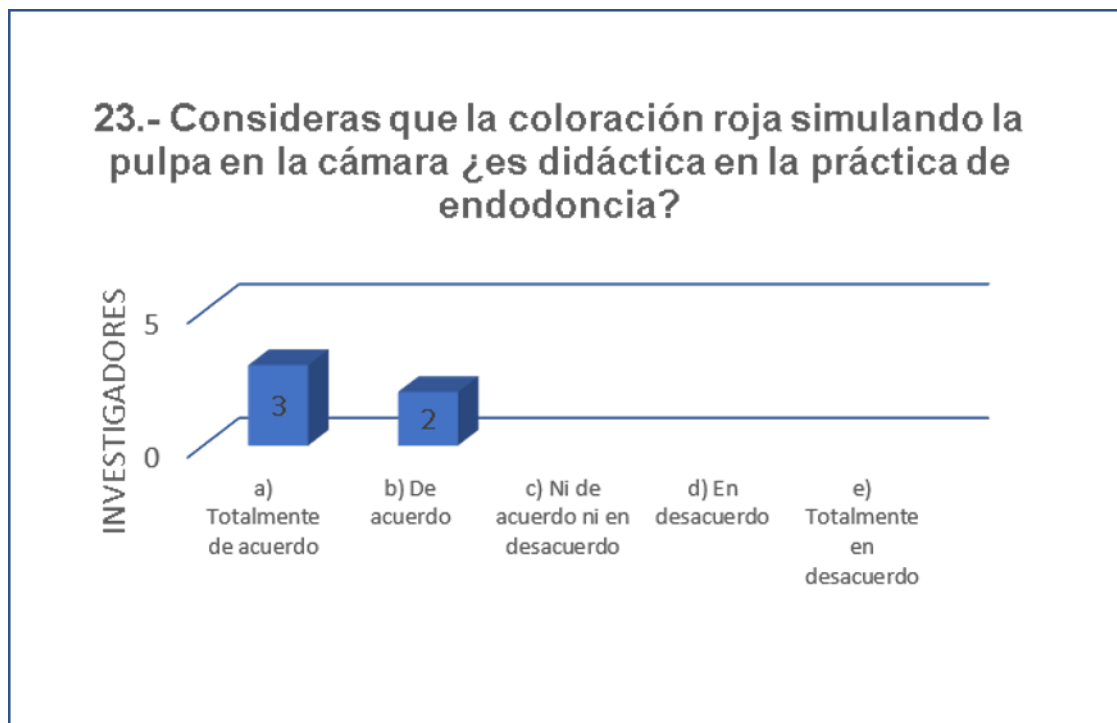


Gráfica 22.- El equipo de investigación está totalmente de acuerdo acerca de la sensación de vacío al traspasar dentina y llegar a cámara pulpar.

23.- Consideras que la coloración roja simulando la pulpa en la cámara ¿es didáctica en la práctica de endodoncia?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X		X		X
b) De acuerdo		X		X	
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 23.- Opinión acerca de la didáctica de la simulación de la pulpa dental.

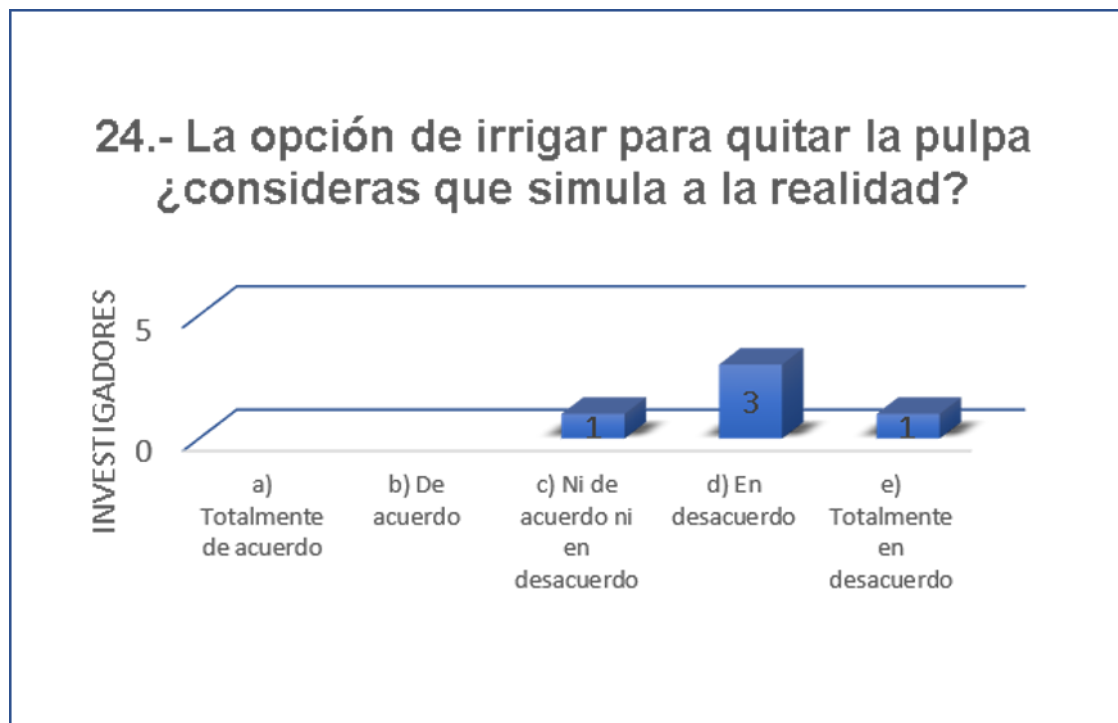


Gráfica 23.- Tres investigadores están totalmente de acuerdo acerca de la didáctica de la simulación de la pulpa dental.

24.- La opción de irrigar para quitar la pulpa ¿consideras que simula a la realidad?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo					
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo	X				
d) En desacuerdo		X	X		X
e) Totalmente en desacuerdo				X	

Tabla 24. Valoración de la realidad de la opción irrigar para quitar pulpa.

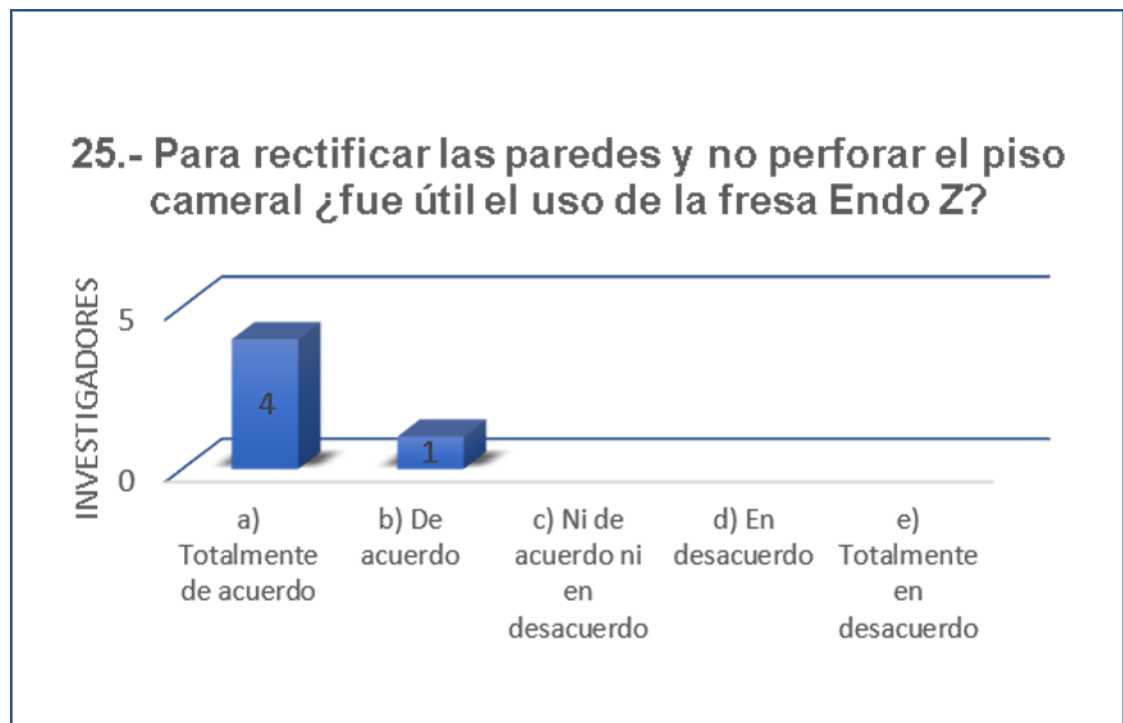


Gráfica 24.-Tres de los investigadores están en desacuerdo acerca del nivel de realismo de la opción para quitar pulpa.

25.- Para rectificar las paredes y no perforar el piso cameral ¿fue útil el uso de la fresa Endo Z?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X		X	X
b) De acuerdo			X		
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 25.- Validación de la utilidad de la fresa Endo Z para rectificar paredes y no perforar el piso cameral.

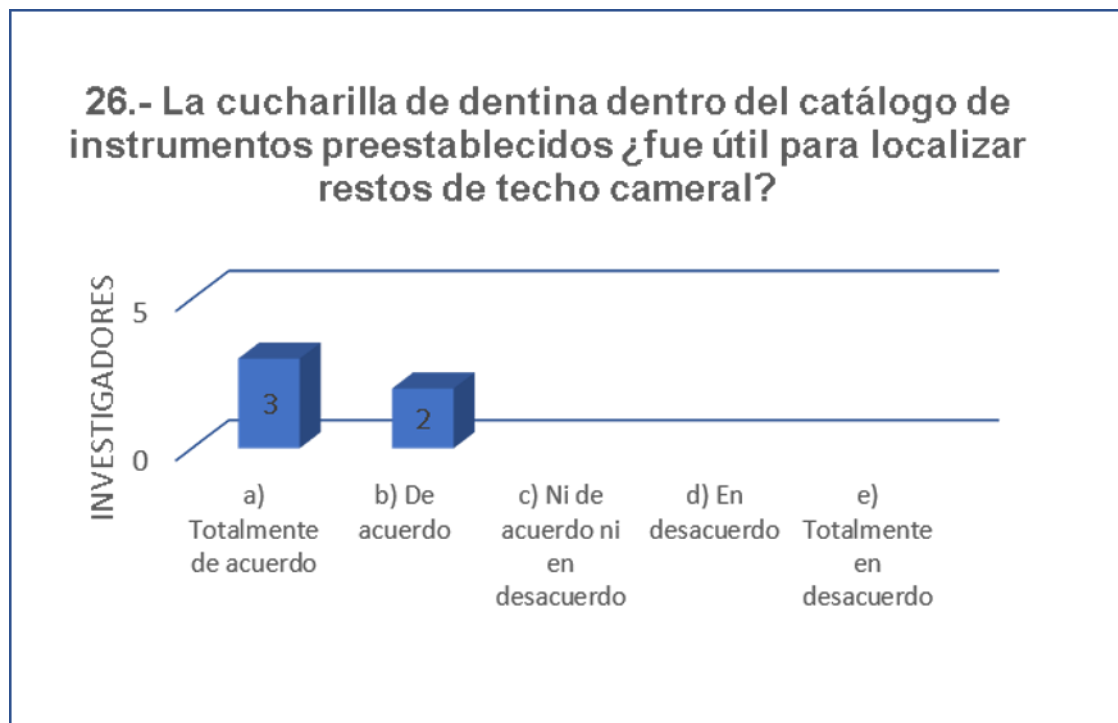


Gráfica 25.- Cuatro investigadores están totalmente de acuerdo con la validación de la utilidad de la fresa Endo Z para rectificar paredes y no perforar el piso cameral.

26.- La cucharilla de dentina dentro del catálogo de instrumentos preestablecidos ¿fue útil para localizar restos de techo cameral?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X		X		X
b) De acuerdo		X		X	
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 26.- Valoración de la utilidad de la cucharilla de dentina para localizar los restos del techo cameral.

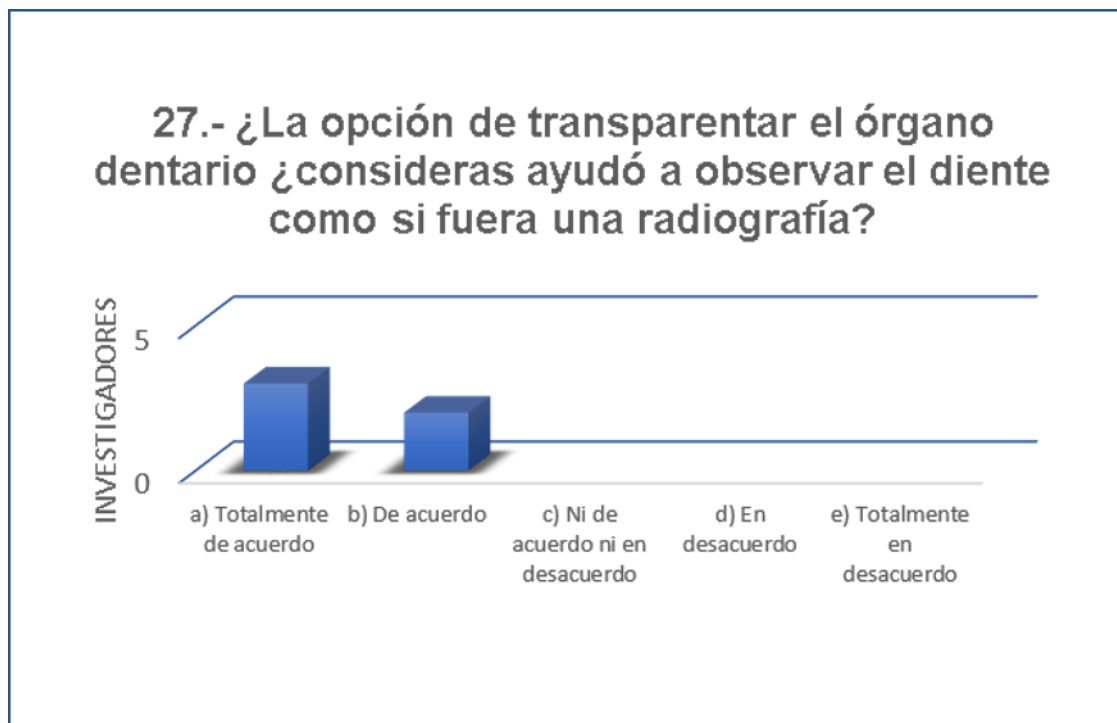


Gráfica 26.- Tres investigadores están totalmente de acuerdo con la utilidad de la cucharilla de dentina para localizar los restos del techo cameral.

27.- La opción de transparentar el órgano dentario ¿consideras ayudó a observar el diente como si fuera una radiografía?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X		X		X
b) De acuerdo		X		X	
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 27.- Valoración de la aportación de la opción transparentar para observar el diente como si fuera una radiografía.

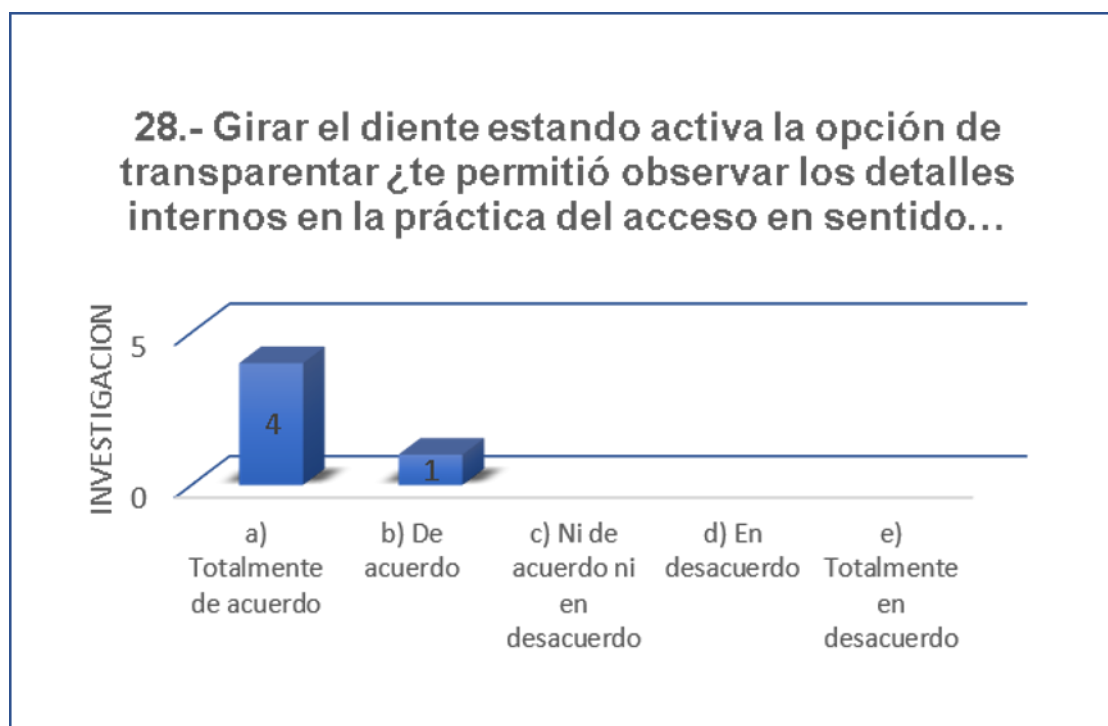


Gráfica 27.- Tres investigadores están totalmente de acuerdo sobre la utilidad de la opción transparentar para observar el diente como si fuera una radiografía.

28.- Girar el diente estando activa la opción de transparentar ¿Te permitió observar los detalles internos en la práctica del acceso en sentido vestibulo-lingual y mesio-distal?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X		X
b) De acuerdo				X	
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 28.- Opinión sobre la opción de transparentar para observar los detalles internos en la práctica del acceso.



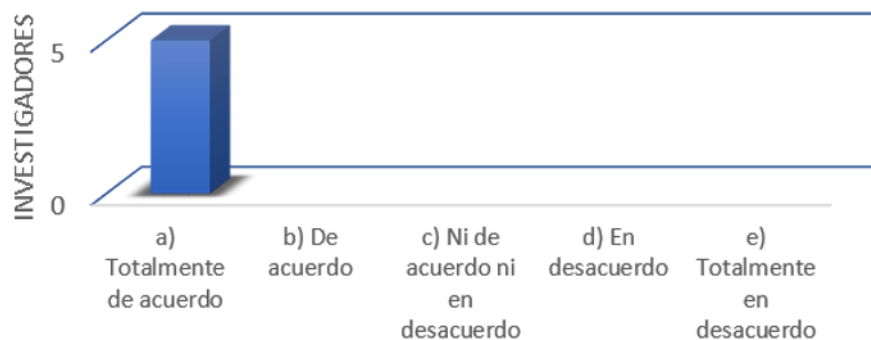
Gráfica 28.- Cuatro de los investigadores están totalmente de acuerdo sobre la opción de transparentar para observar los detalles internos en la práctica del acceso.

29.- ¿Estás de acuerdo que al utilizar el explorador de conductos no permitió deslizarlo de un conducto a otro, teniendo que levantarlo simulado un relieve en la furca para volver a introducirlo en el conducto?

	INVG 1	INVG 2	INVG 3	INVG 4	INVG 5
a) Totalmente de acuerdo	X	X	X	X	X
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo					
d) En desacuerdo					
e) Totalmente en desacuerdo					

Tabla 29.- Criterio acerca de utilizar el explorador de conductos para deslizarlo de un conducto a otro.

29.- ¿Estás de acuerdo que al utilizar el explorador de conductos no permitió deslizarlo de un conducto a otro, teniendo que levantarlo simulado un relieve en la furca para volver a introducirlo en el conducto?

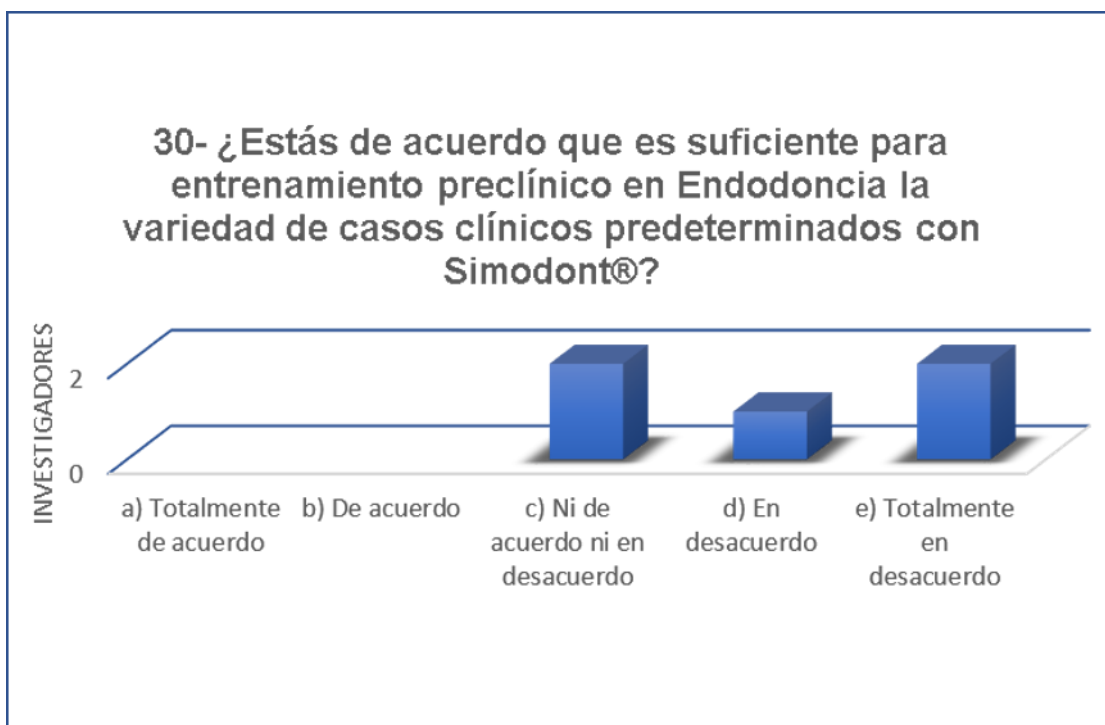


Gráfica 29.- EL equipo de investigación esta de acuerdo de que el utilizar el explorador de conductos es útil y que no es posible deslizarlo solamente, si no que es necesario elevarlo para introducirlo en el otro conducto.

30- ¿Estás de acuerdo que es suficiente para entrenamiento preclínico en Endodoncia la variedad de casos clínicos predeterminados con Simodont®?

	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4	INV 5
a) Totalmente de acuerdo					
b) De acuerdo					
c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo	X	X			
d) En desacuerdo			X		
e) Totalmente en desacuerdo				X	X

Tabla 30.- Opinión acerca de la variedad de instrumentos para realizar prácticas de preclínica en endodoncia.



Gráfica 30.- Dos investigadores no están ni de acuerdo ni en desacuerdo con que son suficientes los casos clínicos predeterminados en Simodont® para entrenamiento preclínico, un investigador esta en desacuerdo y dos totalmente en desacuerdo.



El 100% de los investigadores coincidieron que el Simulador Virtual Háptico Simodont® es de fácil familiarización durante su uso, percibiendo la vibración y sonido al utilizar la pieza de mano de simulación, y consideraron que es una excelente herramienta de aprendizaje en endodoncia generando un nivel alto de realismo ya que se percibe los cambios de tejido comparado con un diente natural, al utilizar las fresas para el tallado y preparación del acceso se siente la dureza entre esmalte y dentina, incluso al llegar a la cámara pulpar se siente el vacío; con la utilización de lentes 3D permite ver relieves, surcos y cambio de color entre el esmalte y dentina, al momento de llegar a la entrada de conductos radiculares y emplear el instrumento de explorador de conductos se sienten la entrada.

En relación al entrenamiento para controlar la motricidad fina en tabla virtual de entrenamiento, al uso de la fresa con punta Batt para evitar perforación de la pulpa y al alisamiento de paredes durante el diseño de la cavidad de acceso y a la función de girar el diente para observar la anatomía del órgano dentario en sentido Mesio- Distal el 80% de los investigadores coincidieron que son herramientas que asemejan la realidad de un diente natural.

Al interrogar a los investigadores sobre su experiencia con el uso del espejo en visión indirecta, percepción de la textura de la lengua la visualización de la coloración roja de la pulpa, la utilización de la cucharilla de dentina para detectar interferencias en el techo cameral y la transparentación de un órgano dentario aparentando una exposición radiográfica el 60% de los investigadores están totalmente de acuerdo y 40% de acuerdo con su utilidad como entrenamiento en preclínica en endodoncia.

Es importante resaltar al preguntar a los investigadores que opinaban en relación a los pacientes precargados, la cantidad de instrumentos con los que cuenta el Simodont® y la función de irrigar la pulpa, el 60% respondió que estaban en desacuerdo de ser suficientes, opinando que debe de aumentarse el número de casos clínicos preestablecidos y de opciones de instrumentos.



Por lo tanto **se acepta** la hipótesis de trabajo de que el Simulador Virtual Háptico Simodont® permitirá al estudiante desarrollar habilidades motoras finas durante la realización de accesos camerales de primeros molares inferiores.

14.- DISCUSIÓN

Se revisaron más de 50 referencias bibliográficas de las cuales 43 nos hablan acerca de la simulación, 3 de simulación tradicional y 40 de Simulación Virtual y Háptica.

De las investigaciones encontradas 23 artículos estudiaron específicamente la Simulación Virtual Háptica utilizando Simodont® de esos 23 artículos 10 se enfocaron en valorar el mecanismo, la destreza manual adquirida y el nivel de realismo estudiando la háptica, 9 fueron comparaciones bibliográficas y 4 lo usaron para realizar procedimientos en Operatoria; 17 artículos habla acerca de otros simuladores.

En relación a la utilización de Simulación Virtual Háptica en Endodoncia solo encontramos dos artículos, en uno utilizaron el Novint Falcon® dispositivo háptico que permite la interacción del usuario con un objeto en un entorno virtual permitiendo sentir y manipular, pero sin el realismo de las vibración y cambio de texturas, en este estudio se enfocaron a la instrumentación de los conductos radiculares. El otro artículo era revisión bibliográfica en donde plantearon que pudiera ser una alternativa el uso de Simodont® para tratamientos de endodoncia, sin embargo concluyen que por su elevado costo es una barrera para adquirirlo, pero no realizan algún estudio experimental.

Por lo tanto nuestro estudio al ser una investigación experimental utilizando Simulación Virtual Háptico Simodont® es un estudio original y trascendental ya que puede marcar un precedente para futuras investigaciones y no es posible compararlo con resultados de otras trabajos de investigación.



Estamos de acuerdo con el respaldo del marco teórico, una vez llevada a cabo esta investigación comprobamos que efectivamente como lo planteamos en nuestra hipótesis, Simodont® es una excelente herramienta para mejorar la destreza manual, practicar correctos hábitos en ergonomía, llevar a cabo planteamientos de diagnóstico y tratamiento. Es una herramienta que no reemplaza los métodos tradicionales de educación preclínica, pero juntos son un buen complemento que llevarán al alumno a un mejor nivel de preparación profesional.

En el uso del Simulador Virtual Háptico Simodont® no encontramos dificultad de uso respecto a la edad o el nivel académico, alumnos sin entrenamiento previo pudieron llevar a cabo las tareas solicitadas sin dificultad. Sin embargo no hay precedente en el uso en Endodoncia.

15.- CONCLUSIONES

El Simulador Virtual Háptico Simodont® es una importante herramienta que se está implementando en las universidades y posgrados de más alto prestigio en México y el mundo, su nivel de realismo aportan significativamente a los alumnos un adiestramiento complementario, no siendo un sistema que remplace los métodos tradicionales, sino que prepara al alumno a reaccionar ante situaciones parecidas a la realidad, midiendo su entrenamiento en horas vuelo.

“Cómo entrenamiento previo a trabajar en pacientes es una excelente herramienta ya que la sensación de los tejidos es lo más parecido a la realidad y esto lo hace un complemento ideal para el aprendizaje, hablando del campo de endodoncia es muy útil para la realización de accesos endodonticos por el nivel de realismo de la háptica permite sentir la diferencia en el cambio de tejidos en coloración y textura, se siente la caída al vacío al llegar a cámara pulpar, son perceptibles las retenciones, además del realismo al cambiar del tipo de fresa, dependiendo la forma y el grano realiza un corte



distinto, la sensibilidad de la háptica, las herramientas con las que cuenta, como la transparentación, la posición del simulador para cuidar la ergonomía y la agudeza del sonido que emite la pieza de alta son un conjunto de factores que benefician a crear un entorno parecido a la realidad, sin exponernos, ni exponer a los pacientes en las universidades durante esta pandemia, es una alternativa eficaz para continuar con el aprendizaje, ya que los padecimientos y la educación continúan, es tiempo de darle oportunidad a las nuevas herramientas que gracias a la tecnología tenemos actualmente, por supuesto que sin dejar de lado los métodos tradicionales ya que juntos son una excelente base para la educación continua”. **Angie**

“Yo no había tenido ningún tipo de entrenamiento en el área de endodoncia y lo pude realizar sin ningún problema así es que es una opción, ya que si te equivocas puedes reiniciar el tratamiento, es una herramienta que se ve muy prometedora esperemos que pronto todas las universidades puedan utilizarla.” **Lizeth**

“Es impresionante el nivel de realismo que tiene, es una herramienta que sirve mucho para aprender antes de atender un pacientes ya que es normal tener nervioso en esa etapa y en esta pandemia es una alternativa para la formación”. **Karen**



16.- RECOMENDACIONES

- 1.- En algunas ocasiones cuando estuvimos trabajando la pieza de mano del Simulador Virtual Háptico Simodont® cubre por completo la corona del órgano dental impidiendo la visibilidad del área de trabajo, debería existir una herramienta que controle ese tamaño.
- 2.- Al utilizar el espejo dental para retraer la lengua tiene un error, puedes ejercer presión y sentir resistencia hasta cierta distancia pero al momento de llegar a la mitad de la lengua, se pierde esa resistencia a cierta altura y la imagen del espejo se incrusta en la lengua.
- 3.- El número de pacientes preestablecidos en la base de datos del Simulador Virtual Háptico Simodont® es muy limitado, ya que solo tiene 8, se recomienda aumentarlo y poder hacer práctica con más variables de anatomía y morfología cameral mejorando con esto la posibilidad de aprendizaje.
- 4.- Hace falta dentro del instrumental disponible un explorador de operatoria que permita para la práctica de endodoncia, poder sentir las retenciones que quedan en el techo cameral al realizar el acceso.

17.- FIGURAS



Figura 1. DSEplus por KaVo®.



Figura 2.- Dentsim®, por DenX Ltd Lab NYC.



Figura 3. Simulador XL2-PH™.



Figura 4- Virtual Reality Training System (Vrds)®.



Figura 5.- Individual Dental Education Assistant (Idea)®.

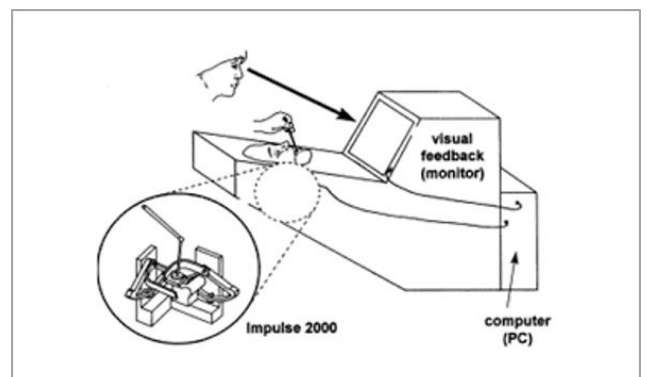


Figura 6.- Iowa Dental Surgical Simulator (Idss)®.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García



Figura 7.- HapTEL™.



Figura 8.- Sistemas Forsslund®.



Figura 9.- Simulador Virteasy Dental Classroom®.

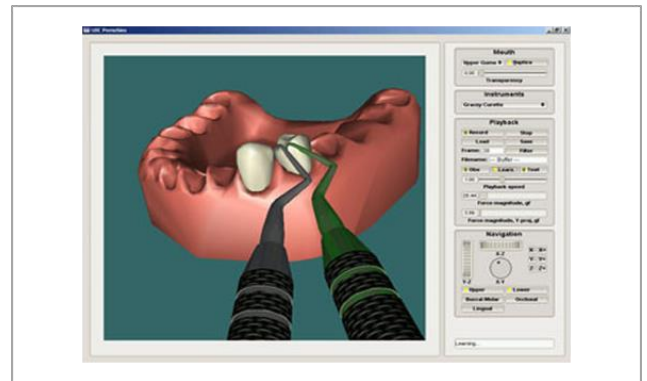


Figura 10.- Simulador Virtual háptico Periosim®.

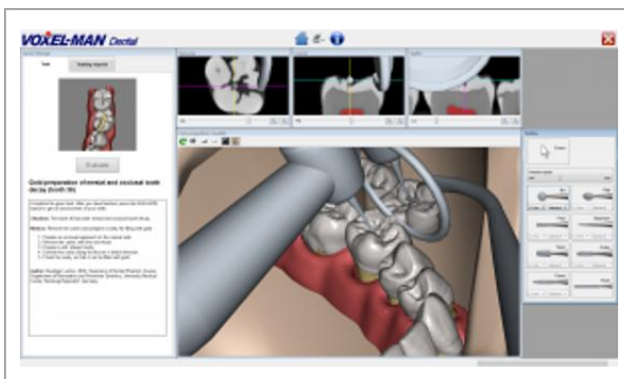


Figura 11.- Simulador Dental Voxel-Man®.



Figura 12.- Phantom® por Sensable Technologies y Novit Falcon®

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García



Figura 13.- Novit Falcon®



Figura 14.- Simulador virtual háptico Simodont®.



Figura 15.- Nissin® en el mundo.



Figura 16.- Modelo de dientes para simulación endodóntica A12A-200.



Figura 17.- Modelo de diente con defecto en forma de cuña A25A-UL39B.

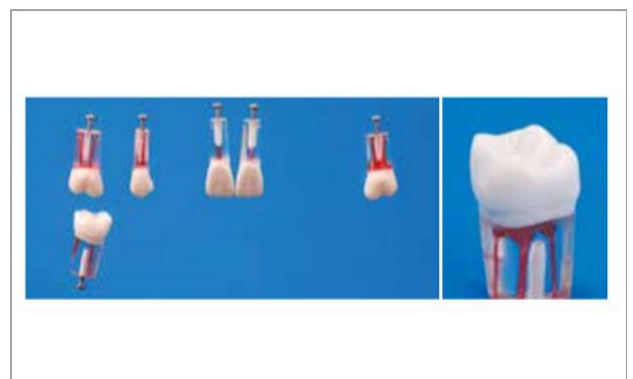


Figura 18.- Modelo de diente endodóntico S12A-200.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García

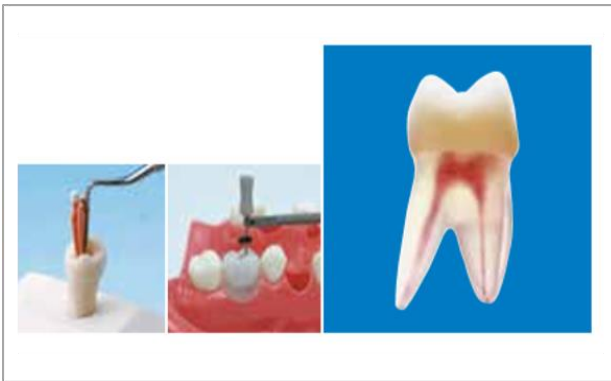


Figura 19.- Modelos de Dientes completamente anatómicos de cavidad pulpar y raíz Serie B22X.



Figura 20.- Tipodonto para práctica de endodoncia Modelo CON1001 Series.



Figura 21.- Simulación con robótica Dentaroid®.

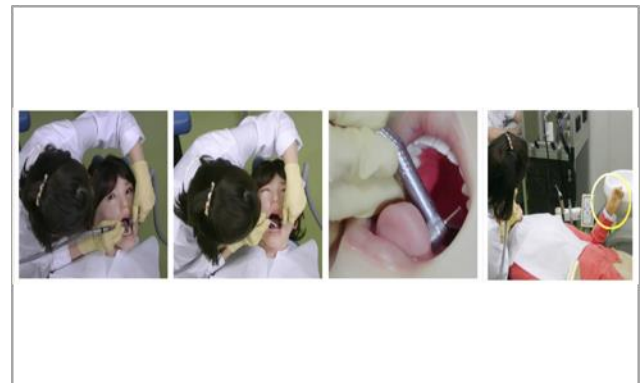


Figura 22.- Dentaroid® Simula las reacciones del paciente y distintos accidentes durante el tratamiento.



Figura 23.- Las partes consumibles de Dentaroid® son fáciles de reemplazar.



Figura 24.- Sensor que permite la háptica en el simulador Simodont®.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García



Figura 25.- Componentes de Simodont®.



Figura 26.- Integración de laboratorio Simodont®.



Figura 27.- Procedimientos soportados por Simodont®.

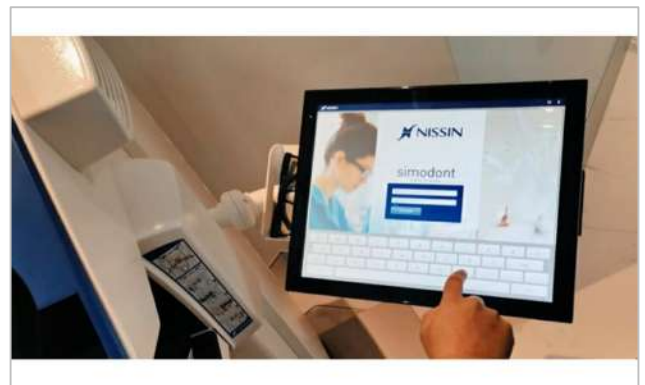


Figura 28.- Pantalla de inicio de Simodont®.



Figura 29.- Historia clínica de paciente virtual en Simodont®.

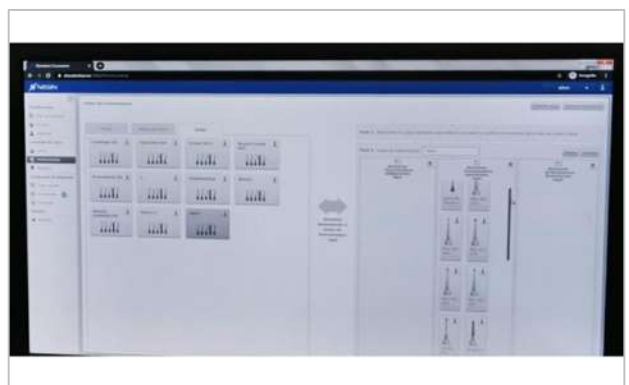


Figura 30.- Selección de fresas en Simodont®.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García

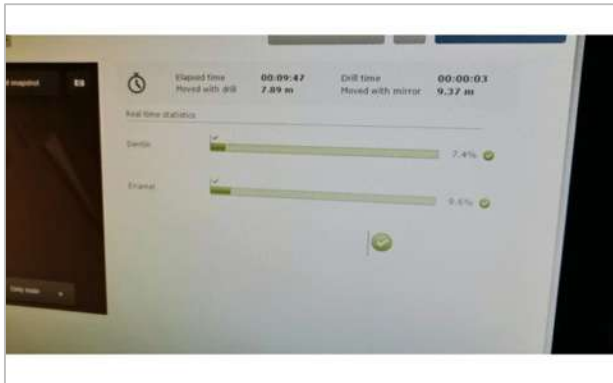


Figura 31.- Pantalla de trabajo de Simodont®.

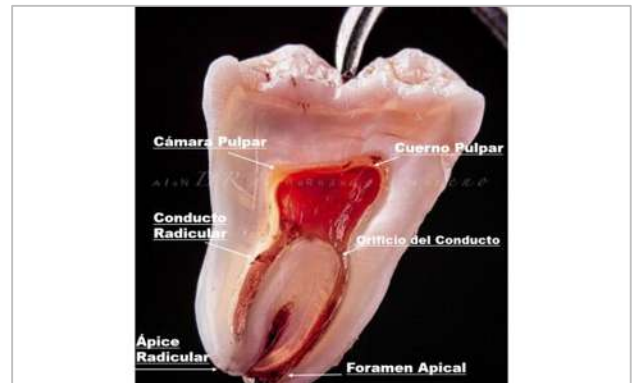


Figura 32.- División de la cavidad pulpar.

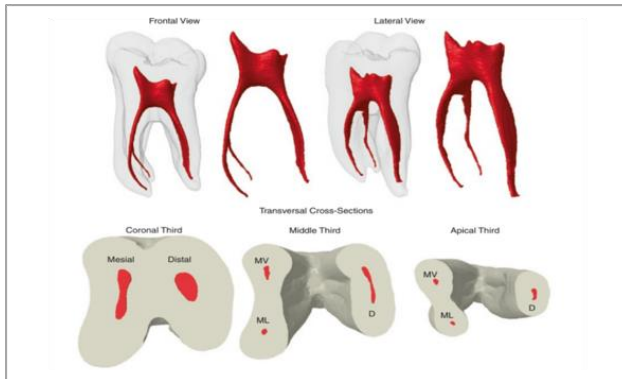


Figura 33.- Cavidad de acceso del primer molar inferior.

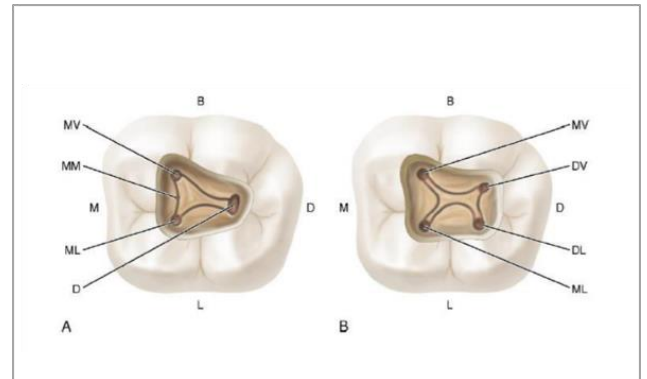


Figura 34.- Accesos y entrada a conductos de primer molar inferior.



Figura 35.- Cavidad de acceso del primero molar inferior.

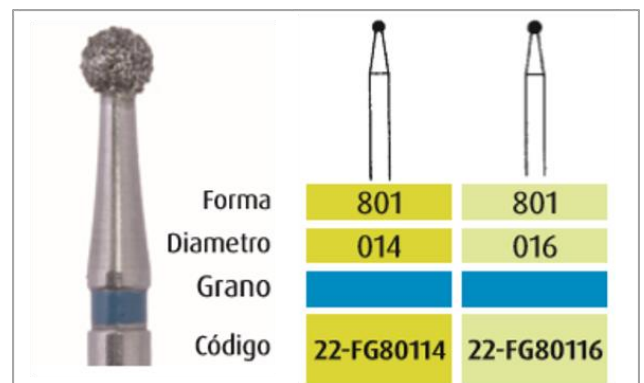


Figura 36.- Fresa de diamante 801-14 y 801-16 Jota®.

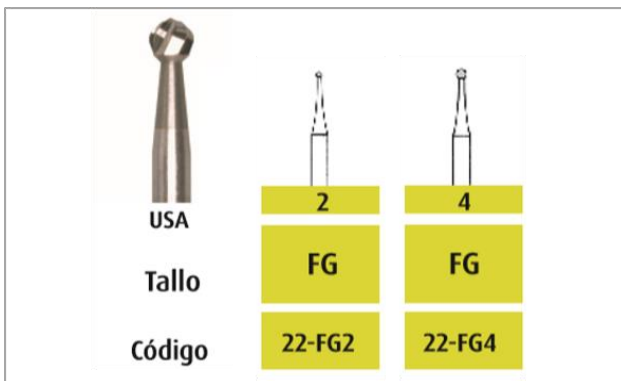


Figura 37.- Fresa de carburo redonda
FG2 y FG4 Jota®.

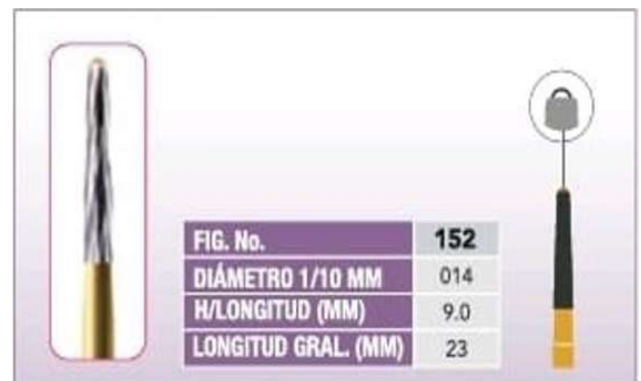


Figura 38.- Fresa Endo Z Jota®.



Figura 39.- Punta de exploración #1078/17.



Figura 40.- Localizador de conductos DG16.



Figura 41.- Cucharilla de dentina 32L.



Figura 42.- Silicona para impresión dental tipo C
Speedex® de Coltene®.



Figura 43.- Activador Universal Speedex® de Coltene®.



Figura 44.- Coloración homogénea de la mezcla.

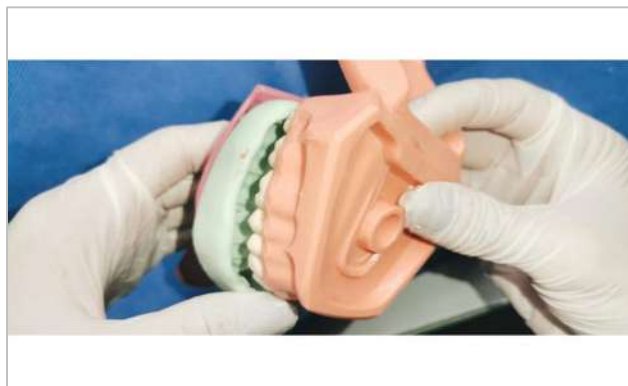


Figura 45.- Impresión a un tipodonto.



Figura 46.- Colocación de un primer molar inferior en la impresión.

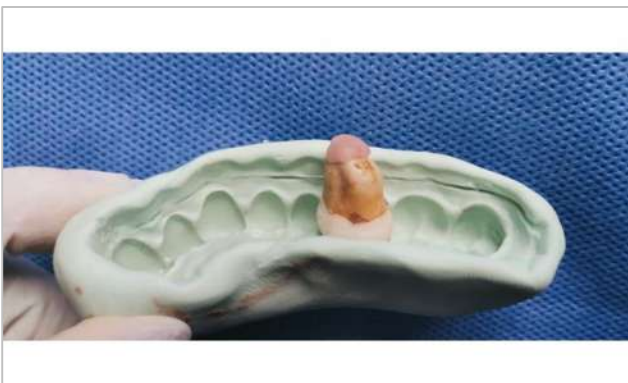


Figura 47.- Primer molar inferior fijo en el lugar que le corresponde.



Figura 48.- Vaciado del yeso Tipo IV extra duro de MDC® adicionando resina acrílica Nic Tone de MDC®.



Figura 49.- Radiografía de simulación del trabeculado óseo.



Figura 50.- Mezclado de yeso con acrílico adicionado con agua.

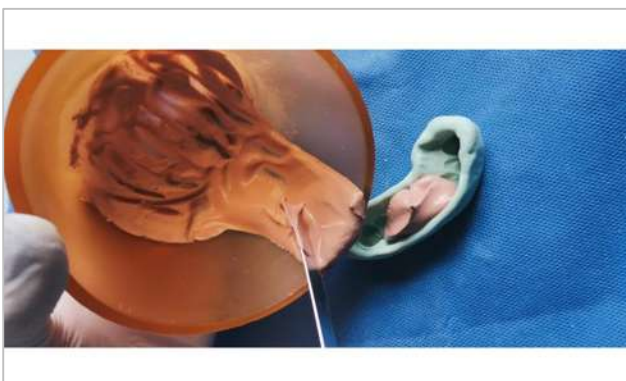


Figura 51.- Vaciado de la mezcla a la impresión.



Figura 52.- Modelo obtenido.

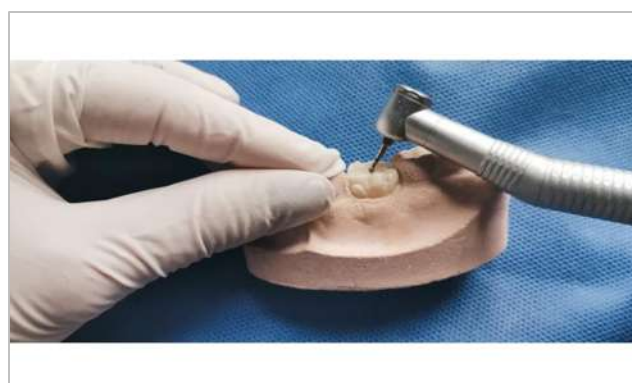


Figura 53.- Acceso a la cámara pulpar.

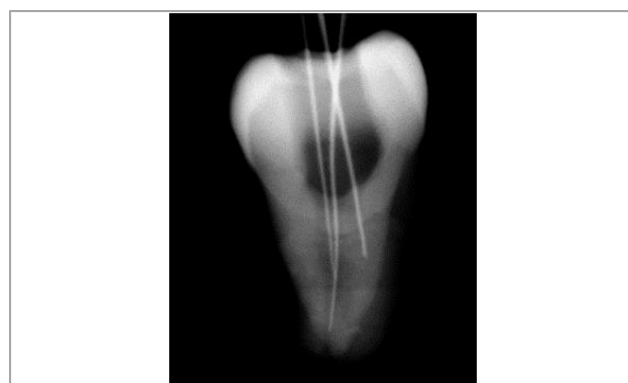


Figura 54.- Radiografía final.

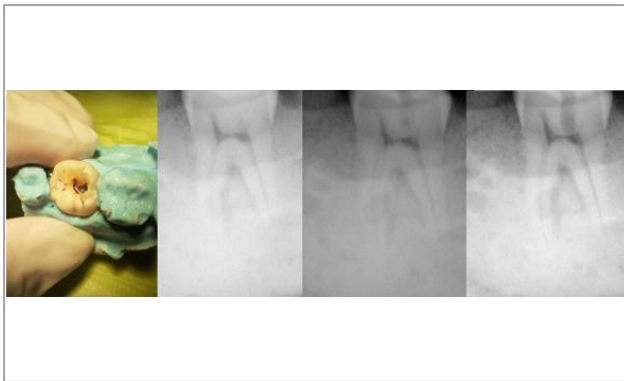


Figura 55.- Simulación en diente Natural.

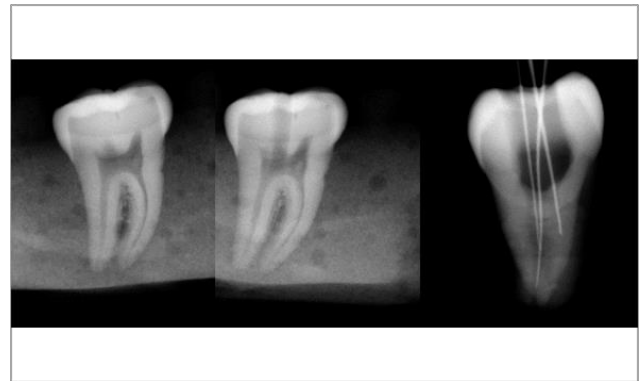


Figura 56.- Verificación del correcto acceso de un primer molar Inferior.

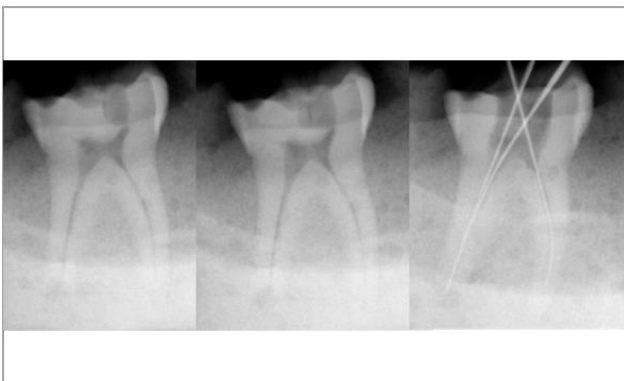


Figura 57.- Verificación del correcto acceso de un primer molar Inferior (Vista Vestíbulo – Lingual).

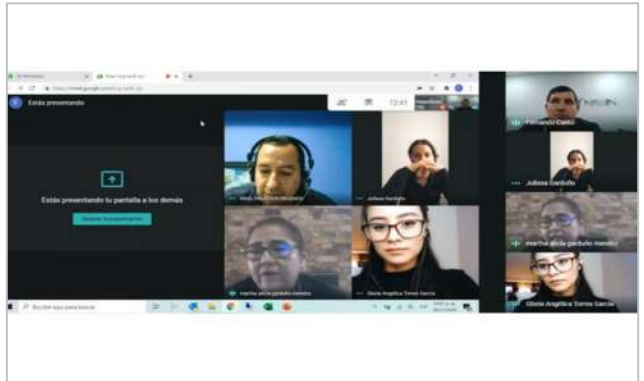


Figura 58.- Reunión virtual con colaboradores.

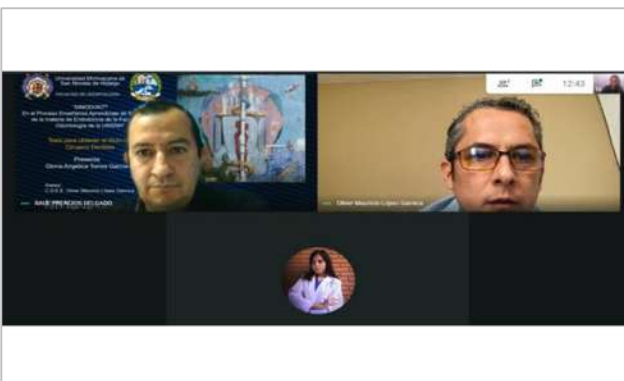


Figura 59.- Reunión virtual con los asesores.



Figura 60.- Pantalla de Bienvenida en Nissan®, Monterrey, México.



Figura 61.- Equipo de Investigación en las instalaciones de Nissin®, Monterrey, México.

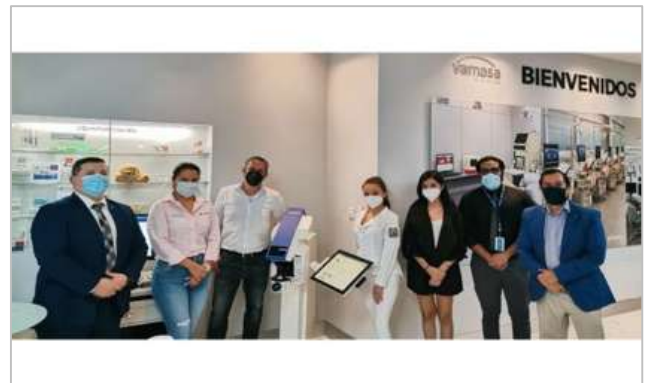


Figura 62.- Equipo de Investigación en las instalaciones de Nissin®, Monterrey, México.



Figura 63.- Dr. Fernando Cantú capacitador en el uso de Simodont®.



Figura 64.- Capacitación en el uso de Simodont®.



Figura 65.- Dr. Moisés Parra hablando del funcionamiento de Simodont®.

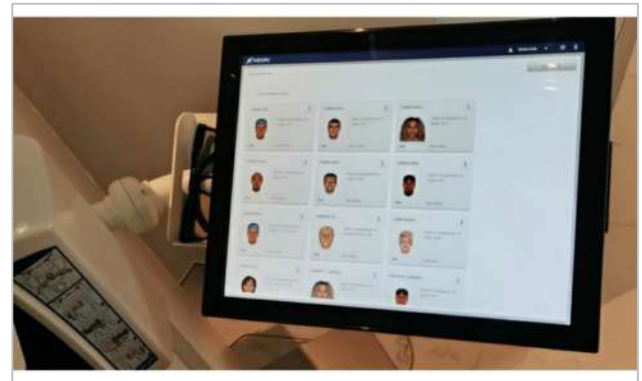


Figura 66.- Catalogo de pacientes de Simodont®.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García



Figura 67.- Simulación de cubo o tabla virtual en Simodont®.

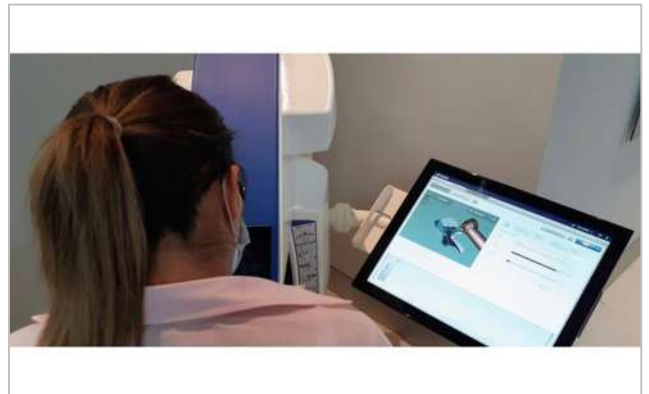


Figura 68.- Práctica demarcando la silueta de una imagen en Simodont®.

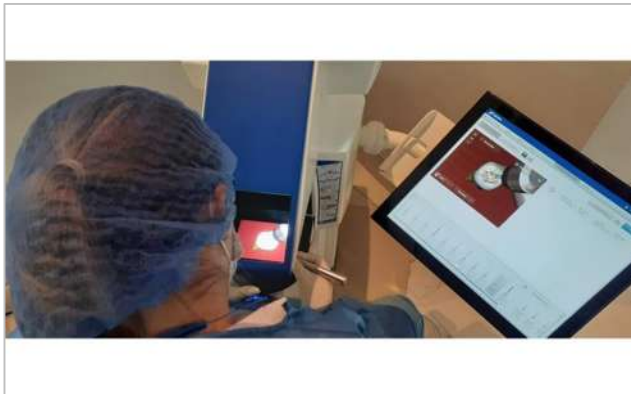


Figura 69.- Práctica de un diente individual en Simodont®.

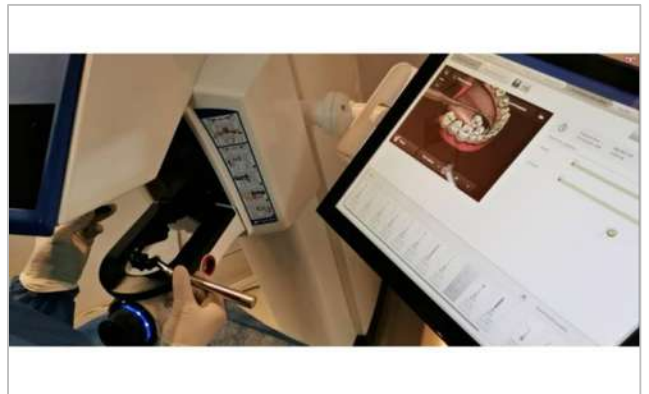


Figura 70.- Práctica en el maxilar inferior en Simodont®.

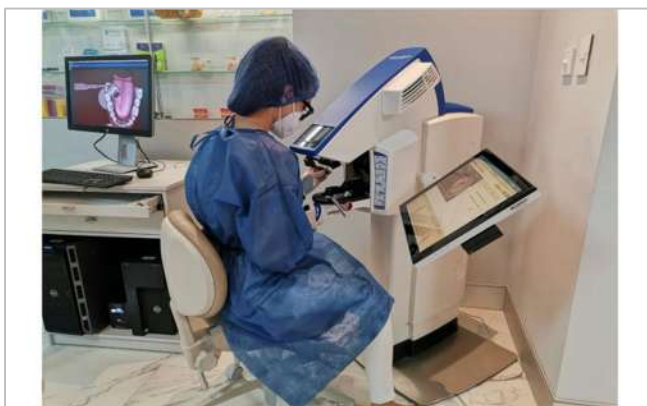


Figura 71.- Investigador Gloria Angélica Torres García con el equipo de simulación y barreras de protección.

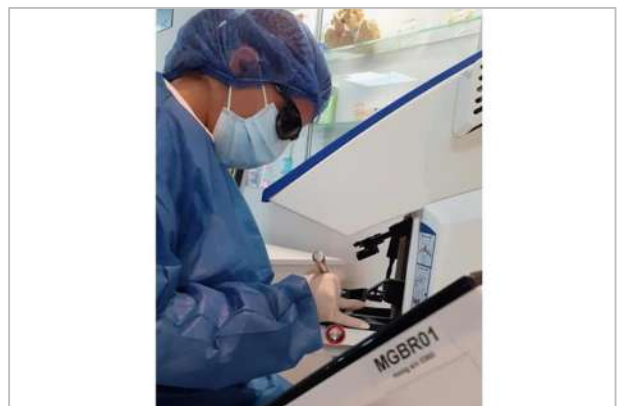


Figura 72.- Colaborador Karen Julissa Guerrero Garduño, practicando puntos de apoyo.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García

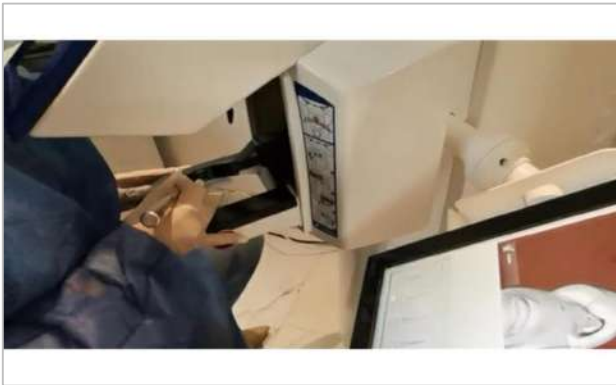


Figura 73.- Colaborador Karen Julissa Guerrero Garduño, logrando punto de apoyo para mayor precisión.

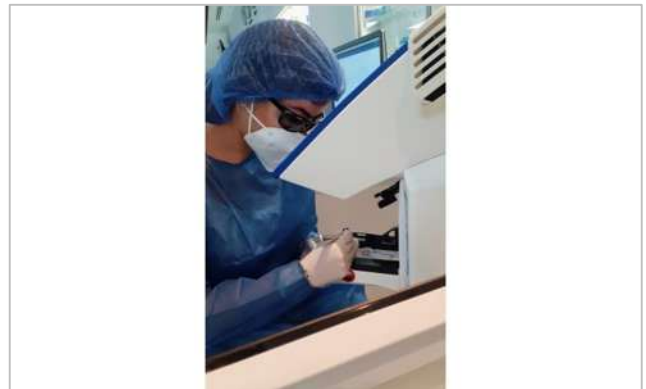


Figura 74.- Colaborador Lizeth Trujillo Baeza siguiendo protocolo de ergonomía.

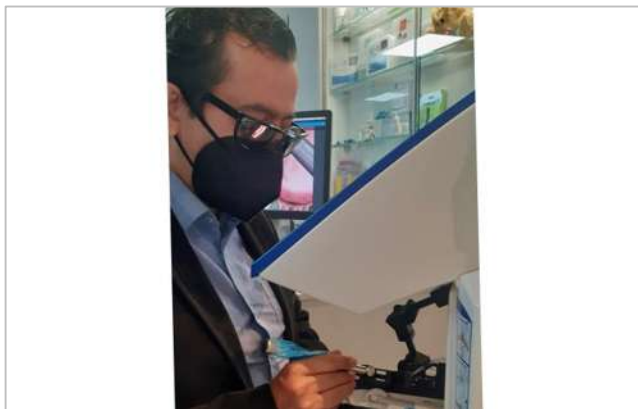


Figura 75.- Asesor en Metodología Dr. Edgar Hugo Trujillo Torres usando las gafas para visión en 3D del Simodont®.

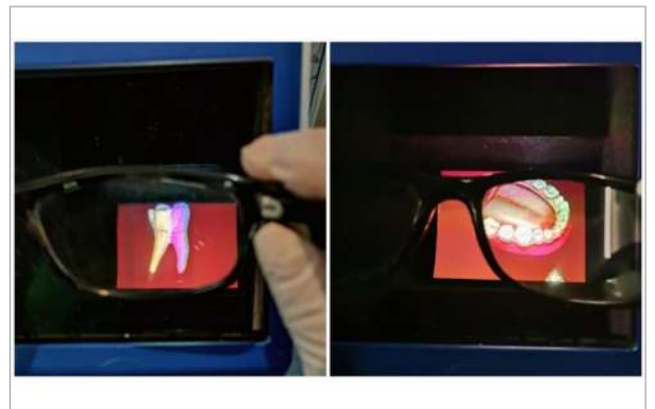


Figura 76.- Visión en 3D desde Simodont®

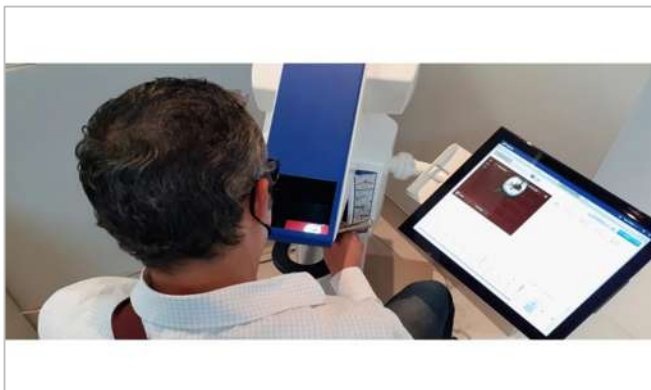


Figura 77.- Asesor Dr. Oliver Mauricio López Garnica percibiendo el nivel de realismo de Simodont®.



Figura 78.- Secuencia de acceso endodóntico en Simodont® parte 1.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García

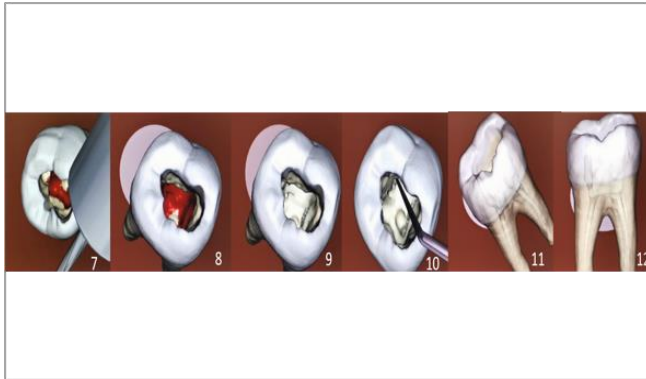


Figura 79.- Secuencia de acceso endodóntico en Simodont® parte 2.

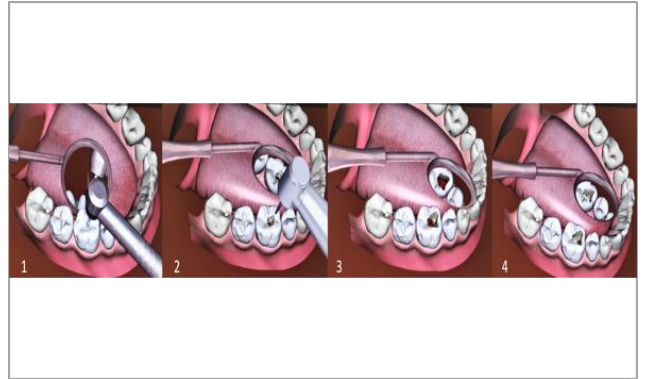


Figura 80.- Secuencia de acceso endodóntico en arcada inferior en Simodont®.



Figura 81.- Fresas utilizadas en Simodont®.



Figura 82.- Manejo de Simodont®.

Simodont Dental Trainer®
"Formulario pre experimental respecto a la háptica"

En este formulario evaluaremos el conocimiento previo que tiene el alumno acerca de algunos conceptos generales y conoceremos la relación que ha tenido con algunos equipos de entrenamiento para la educación en odontología.

* Requerido/Required

1. Completa el siguiente espacio con tu nombre, edad, grado académico y universidad.

Ingrese su respuesta

Figura 83.- Formulario pre experimental respecto a la háptica.

Simodont Dental Trainer®
"Formulario pos experimental en endodoncia"

En este formulario evaluaremos la percepción adquirida en el área de endodoncia al realizar accesos en primeros molares inferiores en el simulador virtual háptico Simodont®.

* Requerido

1. Completa el siguiente espacio con tu nombre, edad, grado académico y universidad

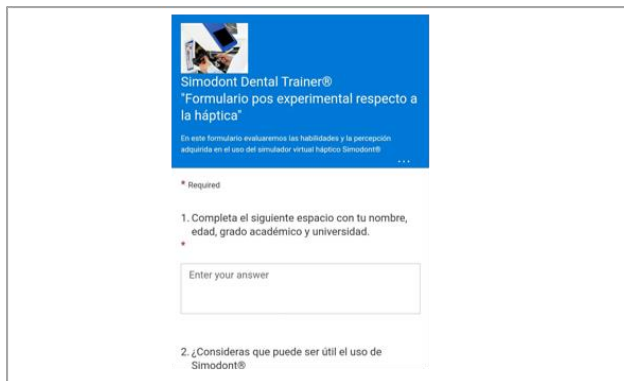
Ingrese su respuesta

2. ¿Consideras que puede ser útil el uso de Simodont® para la adquisición de habilidades manuales en la

Figura 84.- Formulario post experimental en endodoncia.

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García



Simodont Dental Trainer®
"Formulario pos experimental respecto a la háptica"
En este formulario evaluaremos las habilidades y la percepción adquirida en el uso del simulador virtual háptico Simodont®

* Required

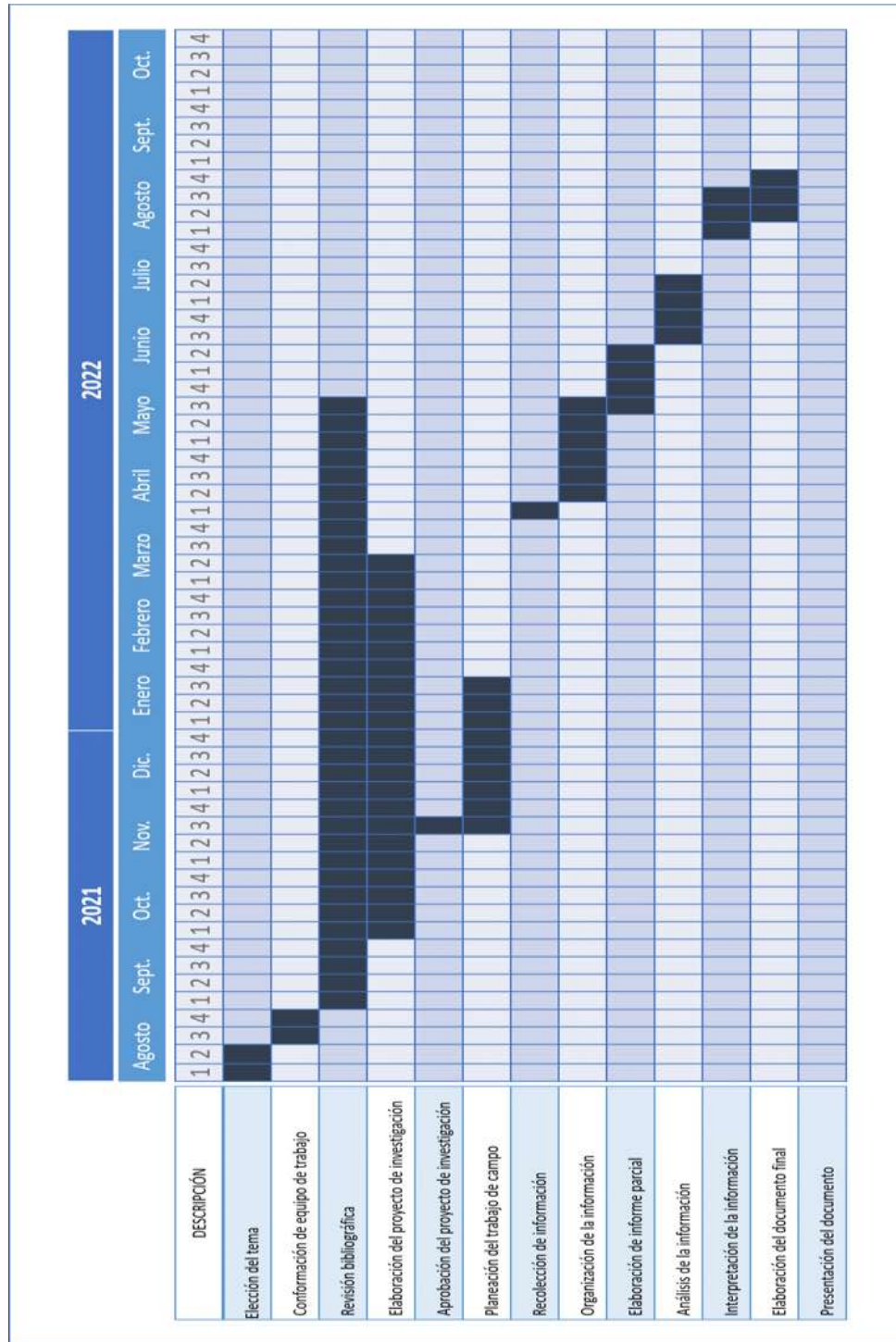
1. Completa el siguiente espacio con tu nombre, edad, grado académico y universidad.

Enter your answer

2. ¿Consideras que puede ser útil el uso de Simodont®

Figura 85.- Formulario post experimental respecto a la háptica.

18.- CRONOGRAMA



**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García



19.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zerón Agustín. Visión Profesional De Las Competencias En La Odontología Del Siglo XXI. Rev. Adm [Internet]. 2011;68(22):60–6660. Available From: <http://www.Medigraphic.Com/Pdfs/Adm/Od-2011/Od112c.Pdf>
2. E, H. M. E. (2011). *Háptica. Una Nueva Propuesta*. 12(36), 2011.
3. Minera, S., 2017. *El Proceso De Capacitación Organizado En Cinco Etapas*. [Online] Revista Seguridad Minera. <https://www.Revistaseguridadminera.Com/Capacitacion/Proceso-De-Capacitacion-Organizado-En-Cinco-Etapas/#:~:Text=An%C3%A1lisis%20situacional.,Plan%20y%20programas%20de%20capacitaci%C3%B3n.>
4. Zerón Agustín. Visión Profesional De Las Competencias En La Odontología Del Siglo XXI. Rev. Adm [Internet]. 2011;68(22):60–6660. Available From: <http://www.Medigraphic.Com/Pdfs/Adm/Od-2011/Od112c.Pdf>
5. Villalobos-Jiménez R. INTEGRACIÓN EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE Integration To The Teaching And Learning Dentistry ' S. Gaudeamus. 2015;7(1):73–94.
6. Roy E, Bakr MM, George R. The Need For Virtual Reality Simulators In Dental Education: A Review. Saudi Dent J [Internet]. 2017;29(2):41–7. Available From: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.02.001>
7. Montanet C, García S, & Cols. DIDÁCTICA DE LA INTRODUCCIÓN Y USO DE SIMULADORES HÁPTICOS CON ENTORNOS 3D EN LA DOCENCIA ODONTOLÓGICA [Internet]. Universidad Europea De Madrid; 2015 [Cited 2020 Sep 12]. Available From: <https://abacus.universidadeuropea.es/handle/11268/4494>
8. Villalobos Jiménez R. Simulación Clínica En Odontología. Rev Odontol Vital. 2017;1(26):399–404.
9. Isabel Ortega A, Casanova II, & Cols. Tendencias Tecnológicas: Simulación En La Formación Odontológica. Cienc Odontológica. 2010;7(2):116–28.
10. XL2-PH - Simulador Para Cuidados Dentales By ARIES MEDICAL Srl | Medicaexpo [Internet]. Medicaexpo.Es. 2021. Available From: <https://www.Medicaexpo.Es/Prod/Aries-Medical-Srl/Product-71384-864318.Html>
11. Rocancio Turriago JL, Pinzon Villamil JR, Cols. & DEVELOPMENT OF A SIMULATOR IN VIRTUAL REALITY FOR THE TRAINING OF ORAL CLEANING IN THE FIELD OF DENTISTRY-SIMUDOLOGO [Internet]. [Cited 2020 Sep 10]. Available From: <http://hdl.handle.net/20.500.12558/2923>
12. Dutã M, Amariei CI, & Cols. An Overview Of Virtual And Augmented Reality In Dental Education. Dent Manag Salud Bucal. 2011;10(1):42–9.
13. Forsslund Systems [Internet]. Forsslundsystems.Com. 2021 Available From: <https://www.Forsslundsystems.Com/Surgery%20Simulator/Our%20Surgery%20Simulators.Html>



14. Virteasy Dental | Haptic And VR Training Simulator For Students / Dentists [Internet]. Virteasy Dental. 2021 Available From: [Https://Virteasy.Com](https://Virteasy.Com)
15. Wang D, Li T, Zhang Y, Hou J. Survey On Multisensory Feedback Virtual Reality Dental Training Systems. *Eur J Dent Educ*. 2016;20(4):248–60.
16. J.-L. Rodríguez and R. Velazquez, “Haptic rendering of virtual shapes with the novint falcon,” *Procedia Technology*, vol. 3, pp. 132–138, 2012.
17. Dr. Fernando Alán Cantú Páez (5 Abril De 2021) Simulación Dental En Pro De La Excelencia Académica. Conferencia De Introducción A La Simulación Previo Al Uso De Simodont®, Monterrey México.
18. Dr. Moisés Porras Soto (5 Abril De 2021) Manejo De Simodont®, Monterrey México.
19. Canalda Sahli C, Brau Aguadé E. *Endodoncia*. Ámsterdan Barcelona: Elsever Masson; 2014.
20. Soares I, Goldberg F, González M. *Endodoncia*. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2012.
21. Cohen S, Hargreaves K. *Vías De La Pulpa*. Barcelona [Etc.]: Elsevier Science; 2011.
22. Bogoni TN, Feijo G De O, Scarparo RK, Pinho MS. Endodontic Simulator For Training The Access To The Pulp Chamber And Root Canal Preparation Tasks. En: 2016 IEEE 16th International Conference On Advanced Learning Technologies (ICALT). IEEE; 2016. P. 523–5.
23. Marras I, Nikolaidis N, Mikrogeorgis G, Lyroudia K, Pitas I. A Virtual System For Cavity Preparation In Endodontics. *J Dent Educ*. 2008;72(4):494–502.
24. Suebnukarn S, Hataidechadusadee R, Suwannasri N, Suprasert N, Rhienmora P, Haddawy P. Access Cavity Preparation Training Using Haptic Virtual Reality And Microcomputed Tomography Tooth Models: Haptic Virtual Reality For Endodontic Training. *Int Endod J*. 2011;44(11):983–9.
25. Toosi A, Arbabtafti M, Richardson B. Virtual Reality Haptic Simulation Of Root Canal Therapy. *Appl Mech Mater*. 2014;666:388–92.
26. Li M, Liu Y-H. Dynamic Modeling And Experimental Validation For Interactive Endodontic Simulation. *IEEE Trans Robot*. 2007;23(3):443–58.
27. Sundaram G, Ramakrishnan T, Parthasarathy H, Raja M, Raj S. 3D Imaging, 3D Printing And 3D Virtual Planning In Endodontics. *Springer-Verlag Gmbh Ger*. 2018;10(May):113–8.
28. Carmen Álvarez Quesada GCM& C. Las Nuevas Unidades De Simulación Complejas Como Garantía De Una Enseñanza De Calidad [Internet]. *Gaceta Dental*. 2019 [Cited 2020 Sep 10]. P. 76–85. Available From: https://www.researchgate.net/publication/330682476_Las_Nuevas_Unidades_De_Simulacion_Complejas_Como_Garantia_De_Una_Ensenanza_De_Calidad
29. MM B. Can Virtual Simulators Replace Traditional Preclinical Teaching Methods: A Students’ Perspective? *Int J Dent Oral Heal*. 2016;2(1).
30. Vervoorn JM, Wesselink PR. The Perception Of The Level Of Realism Of A Dental Training Simulator (Simodont). 2009. 2006.



-
31. Lagerweij M, Wesselink P, Vervoorn M, Bakker D. Transfer Of Manual Dexterity Skills Acquired On The Simodont, A Dental Haptic Trainer With A Virtual Environment, To Reality. A Pilot Study. *Bio-Algorithms And Med-Systems*. 2010;6(11):21–4.
 32. Bakr M, Massey W, Alexander H. Academic Evaluation Of Simodont® Haptic 3D Virtual Reality Dental Training Simulator. *Griffith Heal Inst*. 2012;.
 33. Coro Montanet G, Gómez Sánchez M, Suárez García A. Haptic Simulators With Virtual Reality Environments In Dental Education: A Preliminary Teaching Diagnosis. *@Tic Rev D'innovació Educ* [Internet]. 2017 Jun 23 [Cited 2020 Sep 10];0(18):14–21. Available From: <http://doi.org/10.7203/Attic.18.9077>
 34. Fernández-Sagredo M, Barrios-Penna C, Torres-Martínez P, Sáez-Espinoza R, Fonseca-Molina J. Percepción De La Utilidad De Los Simuladores Virtuales Hápticos En Educación Odontológica Por Estudiantes, Profesionales Y Académicos: Estudio Descriptivo Observacional. *Rev La Fund Educ Médica*. 2020;23(2):89.
 35. Serrano CM, Wesselink PR, Vervoorn JM. First Experiences With Patient-Centered Training In Virtual Reality. *J Dent Educ* [Internet]. 2020 May 1 [Cited 2020 Sep 10];84(5):607–14. Available From: <http://doi.wiley.com/10.1002/Jdd.12037>
 36. Zitzmann NU, Matthisson L, Ohla H, Joda T. Digital Undergraduate Education In Dentistry: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(9).
 37. Quenta Silva E. Simulación Clínica, Realidad Virtual Háptica(RVH): Herramienta Docente Para La Enseñanza En Estomatología. *Rev Estomatológica Hered*. 2019 Jun 28;29(2):105–6.
 38. Murbay S, Neelakantan P, Chang JWW, Yeung S. 'Evaluation Of The Introduction Of A Dental Virtual Simulator On The Performance Of Undergraduate Dental Students In The Pre-Clinical Operative Dentistry Course.' *Eur J Dent Educ*. 2020;24(1):5–16.
 39. Boer IR De, Bakker DR, Wesselink PR, Vervoorn JM. The Simodont In Dental Education. *Ned Tijdschr Tandheelkd* [Internet]. 2012 [Cited 2020 Sep 7];6(119):294–300. Available From: <https://www.researchgate.net/publication/229425065>
 40. Perry S, Bridges S, Cols. &. Getting To The Root Of Fine Motor Skill Performance In Dentistry: Brain Activity During Dental Tasks In A Virtual Reality Haptic Simulation. *J Med Internet Res*. 2017;19(12).
 41. Westgarth D. What Does The Future Hold For The Workforce Of Tomorrow? *Bdj Pract* [Internet]. 2020 [Cited 2020 Oct 4];33(7):12–7. Available From: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7336097/-X>
 42. Buchanan JA. Experience With Virtual Reality-Based Technology In Teaching Restorative Dental Procedures. *J Dent Educ*. 2004;68(12):1258–65.
 43. Tubelo RA, Branco VLC, Dahmer A, Samuel SMW, Collares FM. The Influence Of A Learning Object With Virtual Simulation For Dentistry: A Randomized Controlled Trial. *Int J Med Inform*. 2015;85(1):68–75.
 44. Koopman P, Umanski D, Kulk R VJ And WP. Advantages Of Simodont, A Dental Training Simulator Combined With Courseware. *Acad Cent Dent Amsterdam (ACTA)*, Netherlands. 2009;2009
-



-
45. Castillo Blanco SL. Factores Que Se Deben Considerar Alimplementar Estrategias De Educaciónvirtual En Odontología TT - Considering Factors To Implement Virtual Education Strategies In Dentistry. Univ Odontol [Internet]. 2011;30(65):97–103. Available From: [Http://Revistas.Javeriana.Edu.Co/Index.Php/Revunivodontologica/Article/Download/1853/1216](http://Revistas.Javeriana.Edu.Co/Index.Php/Revunivodontologica/Article/Download/1853/1216)
 46. Christiani JJ. La Simulación En La Enseñanza En Odontología. Una Herramienta De Aprendizaje Para Laseguridad Del Paciente Y La Calidad De Atención. Rev Fac Odontol Univ Nac (Cordoba). 2016;9(1):69.
 47. Bakker Dr, Porton P RN. Student Acceptance Of The Simodont. Acad Cent Dent Amsterdam (ACTA), Netherlands Introd. 2009;2009.
 48. De Boer IR, Lagerweij MD, De Vries MW, Wesselink PR, Vervoorn JM. The Effect Of Force Feedback In A Virtual Learning Environment On The Performance And Satisfaction Of Dental Students. Simul Healthc. 2017;12(2):83–90.
 49. Foronda CL, Bob Armstrong. Position Statement On Use Of Virtual Simulation During The Pandemic March. Simul Healthc. 2020;15(1):46–54.
 50. Vervoorn IR De BMDLPRWJM. Evaluation Of The Appreciation Of Virtual Teeth With And Without Pathology. Eur J Dent Educ. 2015;19(2):87–94.
 51. [Internet]. Coa Internacional. 2021 [Citado 10 Enero 2021]. Disponible En: <https://www.Coadental.Com/Productos/Speedex-Material-De-Impresion-Por-Condensacion>
 52. [Internet]. MDC Nictone. 2021 [Citado 10 Enero 2021]. Disponible En: <https://Dental.Com.Mx/Yeso-Nicstone-Fraguado-Normal-Bote-2kg-129--0084>

**20.- ANEXOS**

Morelia, Mich., a 29 de Noviembre de 2021

Director OLIVER MAURICIO LOPEZ GARNICA
Facultad de Odontología
U M S N H
P R E S E N T E

Asunto: Solicitud de autorización de modalidad de titulación.

Por medio de la presente solicito a usted se autorice la siguiente modalidad de titulación para presentar el examen profesional bajo los siguientes términos:

Solicitante:	GLORIA ANGÉLICA TORRES GARCÍA
Matrícula:	1580965D
Programa educativo:	Licenciatura como Cirujano Dentista
Modalidad de titulación:	Tesis
Título del trabajo:	Experiencia Sensorial Desarrollada Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia
Asesor:	OLIVER MAURICIO LOPEZ GARNICA
Tipo de examen:	Ordinario

Sin más por el momento agradezco de antemano su atención.

ATENTAMENTE


OLIVER MAURICIO LOPEZ GARNICA
04004205
Vo. Bo Asesor


GLORIA ANGÉLICA TORRES GARCÍA
1580965D
Solicitante

**“Experiencia Sensorial Desarrollada
Al Utilizar El Sistema De Realidad Virtual (Simodont®) En Endodoncia”**

Gloria Angélica Torres García