

CLINICAL RESEARCH

DOI: 10.15517/IJDS.2020.43185

Recibido:
3-VII-2020

Impresión 3D de modelos estereolitográficos con protocolo abierto

Aceptado:
20-VII-2020

3D Printing of Stereolithographic Models with Open Protocol

Publicado en línea:
24-VII-2020

Jorge Oviedo-Quirós DDS, OMFS, MSD¹; José Campos-Zumbado Bach.²;
Diana Hernández-Montoya MATIE²; María Fernanda Lines-Gutiérrez DDS³

1. Unidad de Labio Paladar Hendido-Craneomaxilofacial, Hospital Nacional de Niños "Dr. Carlos Sáenz Herrera". Facultad de Odontología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

2. Vicerrectoría de Investigación, Laboratorio de Fabricación Kå Träre, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.

3. Odontóloga General, Consulta Privada, Costa Rica.

Autor para correspondencia: Dr. Jorge Oviedo-Quirós - jorge.oviedo@ucr.ac.cr

RESUMEN: Se realizó un estudio descriptivo y exploratorio con el objetivo de proponer y validar un protocolo abierto para hacer impresiones 3D de modelos estereolitográficos, que esté a disposición de profesionales en el área de la Odontología. Se capacitó mediante sesiones teórico prácticas, a nueve personas operadoras (estudiantes de último año de la carrera de Odontología), sin previa experiencia en el uso de *software* y *hardware* para impresión 3D, divididos en dos grupos; el A trabajó con tres tomografías helicoidales (TAC) y el B con tres Tomografías Computarizadas de Haz Cónico (CBCT), todas en formato DICOM, convertidas en archivos STL. En total se aplicó el protocolo en 99 estructuras óseas correspondientes a 33 mandíbulas, 33 axis y 33 macizos faciales-bases de cráneo, y se imprimieron un total de 33 mandíbulas en filamento PLA (ácido poliláctico). Al finalizar el estudio, no se encontró diferencia estadísticamente significativa en la implementación del protocolo propuesto entre los operadores, las mediciones de las piezas impresas por cada uno de ellos, el patrón de oro, la TAC y el CBCT, con lo cual no solo se validó el protocolo, sino que se logró determinar los recursos necesarios para realizar este tipo de impresiones 3D.

PALABRAS CLAVE: Tomografía; Estereolitografía; Diseño asistido por computadora; Impresiones 3D; Mandíbula.

ABSTRACT: A descriptive and exploratory study was carried out with the aim of proposing and validating an open protocol for making 3D impressions of stereolithographic models, which is available to professionals in the area of Dentistry. Nine operators (senior students of the Dentistry degree), without previous experience in the use of software and hardware for 3D printing, divided into two groups were trained through theoretical and practical sessions. The A worked with three helical tomographies (TAC) and the B with three cone beam computed tomography (CBCT), all in DICOM format, converted to STL files. In total, 99 bone structures corresponding to 33 jaws, 33 axis and 33 facial masses-skull bases were analyzed, and a total of 33 jaws were printed in PLA (polylactic acid filament). At the end of the study, no statistically significant difference was found in the implementation of the proposed protocol between the operators, the measurements of the pieces printed by each of them, the gold standard, the TAC and the CBCT, with which not only validated the protocol, but it was possible to determine the resources necessary to carry out this type of 3D printing.

KEYWORDS: Tomography; Stereolithography; Computer-aided design; Printing, Three-dimensional; Jaw.

INTRODUCCIÓN

La estereolitografía es un método de creación de prototipos rápidos e impresión en 3D, descrito en el año 1986 por Charles W. Hull (9) el cual se ha aplicado en Odontología a partir de la década de 1990 (7). Esta disciplina tiene múltiples usos, entre los que Mittal y Tripathi mencionan la prostodoncia maxilofacial, en la cual contribuye con la duplicación de prótesis maxilares y mandibulares, y los implantes prostodónticos, donde aporta en la fabricación de plantillas quirúrgicas (9). Por otro lado, Yadav *et al.*, destacan dentro de los beneficios de las impresiones 3D para la Odontología, que resultan menos costosas y más rápidas para la obtención de modelos 3D, con respecto a otras tecnologías de prototipos rápidos (14). Además, Thakkar *et al.*, mencionan que con las impresiones 3D se ahorra tiempo quirúrgico, ya que los modelos permiten preadaptar o preformar distractores óseos (13).

Asimismo, destacan su utilidad en la ingeniería biomédica, en el diseño para la reconstrucción cráneo facial, en la creación de andamios que contribuyen

a la regeneración de tejidos y en el área forense, para exhibir modelos en los juicios. Además, de acuerdo con Anderson *et al.*, las impresiones 3D en la endodoncia sirven como herramientas para guías de acceso endodóntico (1).

También mencionan que ayuda a un tratamiento más atraumático y eficiente en la conservación del ligamento periodontal en los autotrasplantes (1,5).

Otro uso es en la patología, donde Islas *et al.*, resaltan que se tiene un mejor panorama de las estructuras involucradas, facilitando así el tratamiento en cuanto a la precisión y reducción del tiempo clínico (7).

En el área de la ortopedia y ortodoncia, Lee destaca que la impresión 3D tiene gran utilidad para alinear piezas dentales, como con las fundas de invisaling braces (4).

Además, Chae *et al.*, describen el gran aporte que brinda esta tecnología y sus posibilidades para la educación en esta disciplina, ya que permiten

una comunicación fluida entre el odontólogo y el paciente, permitiéndole a este último tener una idea más clara del tratamiento a recibir (4).

Asimismo, para los fines académicos relacionados con la Odontología, permitiría una mejor comunicación profesor-estudiante, donde se pasaría de modelos de estudio en piedras dentales a modelos 3D, disminuyendo así el riesgo de fractura, permitiría también enseñar de una manera más gráfica variaciones anatómicas maxilofaciales, y brindaría la posibilidad de respaldar los archivos. STL en caso de requerir su nueva impresión.

De acuerdo con Rebong *et al.*, las impresoras 3D que existen en el mercado utilizan materiales como cerámica, metal, cera, resinas y polímeros, dependiendo de la técnica utilizada, entre las cuales se encuentran la Técnica Aglutinante (BJT, por sus siglas en inglés), el Modelado por Deposición Fundida (FDM, por sus siglas en inglés), el Modelado Multijet (MJM, por sus siglas en inglés) y el Láser Sinterizado Selectivo (SLS, por sus siglas en inglés) (11).

A pesar de los beneficios anteriores y otros muchos que brindan estas tecnologías, el aprovechamiento en la Odontología podría ser mayor, pero se ve limitado por la poca capacitación de los profesionales en el área y por el costo de los equipos y materiales creados específicamente para esta disciplina, aunque existen otros que no son exclusivos de esta área, pero que pueden utilizarse, con muy buenos resultados, tal y como se hizo en este estudio (8).

Lo anterior motiva el desarrollo de la presente investigación, que tiene como objetivo validar un protocolo abierto, para la impresión 3D de modelos estereolitográficos, que esté a disposición de los profesionales en el área de salud. Dicho protocolo se estableció a partir de varios procesos de experimentación previos que se habían realizado en el Laboratorio de fabricación *Fab Lab* Kä Träre de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Estatal a Distancia, en el que participaron dos de los autores de este artículo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la fabricación de los modelos 3D se utilizaron los equipos y materiales del Laboratorio de fabricación *Fab Lab* Kä Träre. Se trabajó con tres tomografías helicoidales (TAC) (grupo A) y tres Tomografías Computarizadas de Haz Cónico (CBCT) (grupo B) en formato DICOM, convertidas posteriormente en archivos .STL, las cuales contaban con el consentimiento informado requerido para ser utilizadas en la investigación, aprobado por el Comité Ético Científico de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica en su sesión 126, del 28 de noviembre de 2018, según oficio VI-8581-CEC-0170-2018.

PROTOCOLO PROPUESTO

Para la obtención de la tomografía se deben seguir una serie de pautas, entre ellas las que se describen en la Tabla 1 que se adjunta a continuación.

Tabla 1. Protocolo propuesto para la obtención de las tomografías.

TAC	CBCT
Plano oclusal paralelo al gantry, (tubo emisor de rayos x)	
Una colimación de 128 × 0,6 mm o de 32 × 12 mm, donde la primera cifra equivale a las líneas de detectores y la segunda a los cortes.	Para el CBCT se debe programar con el tamaño de voxel más pequeño que permita el equipo.
Field of view (FOV) 256 mm	
Ventana: Base órbita	Tamaño de volumen 160 mm x 160 mm
J30S Homog.Med	
Mandíbula en relación céntrica, idealmente con guía en cera	
Labios en reposo	
Algoritmo estándar	
Pitch 1:1	
Archivar las imágenes axiales en formato DICOM	

Para visualizar imágenes de cortes axiales de una TAC o CBCT y transformarlos a un modelo volumétrico en 3D, se necesita de un *software* que ejecute una conversión de la imagen a un formato en .STL, en esta investigación se utilizó el *software* (versión gratuita) *Osirix DICOM Viewer*, con el cual, se obtuvo una reconstrucción superficial de la estructura ósea en 3D, utilizando la ventana de tejidos blandos para la TAC ya que esta generaba menor distorsión de la imagen.

En la Figura 1 es posible observar el Formato .STL en el *software Osirix*.

Posteriormente, el archivo en formato .STL, se trabaja en el *software* gratuito *Mesh Mixer*

para lograr la optimización del modelado en 3D, que consiste en limpiar la imagen para visualizar solo la estructura a imprimir en un equipo de fabricación. En la Figura 2 se muestra la limpieza de la estructura en el *software Mesh Mixer*. Por último, se utilizó el *software Cura* versión 15.04 descargada de la página Ultimaker.com. En la Figura 3 se muestra el posicionamiento de la estructura en el *software Cura*.

Este *software* permitió colocar la imagen a imprimir en una posición óptima, de manera que redujera la cantidad de material de soporte a imprimir y errores en la estructura. En la Figura 4 se muestra una de las estructuras impresas en el equipo Printbot Simple Metal.

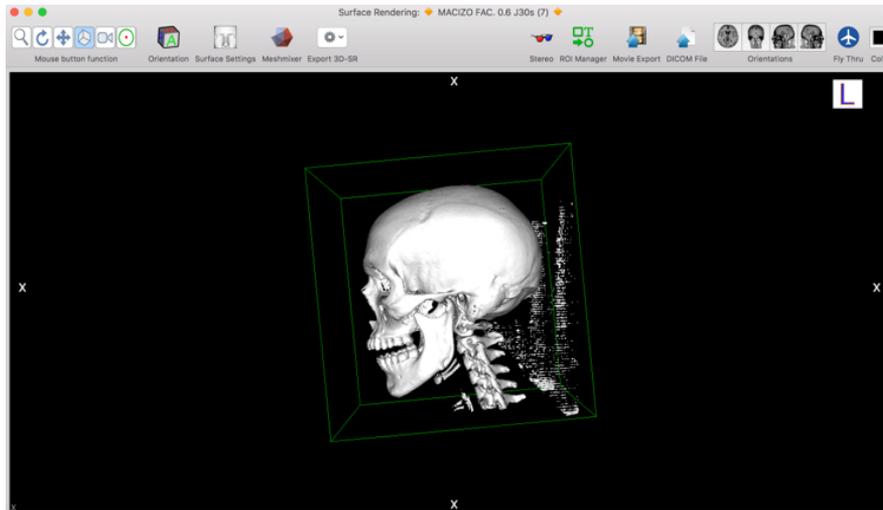


Figura 1. Formato .STL en el software Osirix.

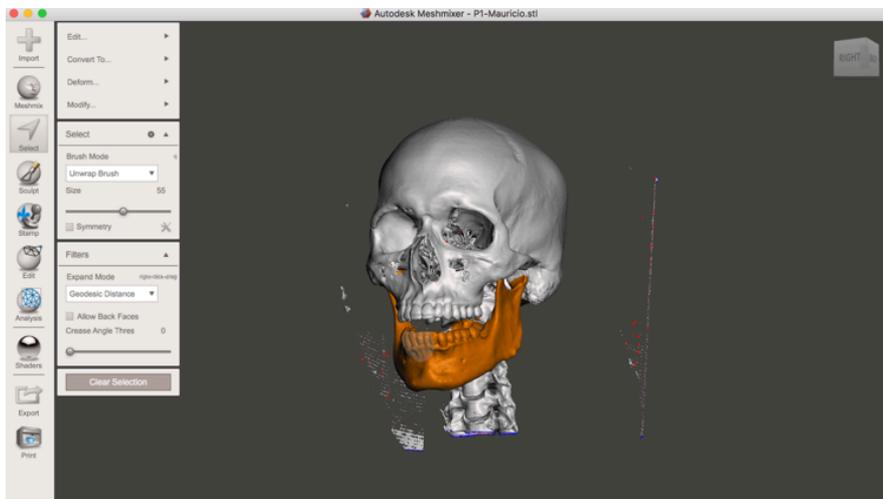


Figura 2. Limpieza de la estructura en el software Mesh Mixer.

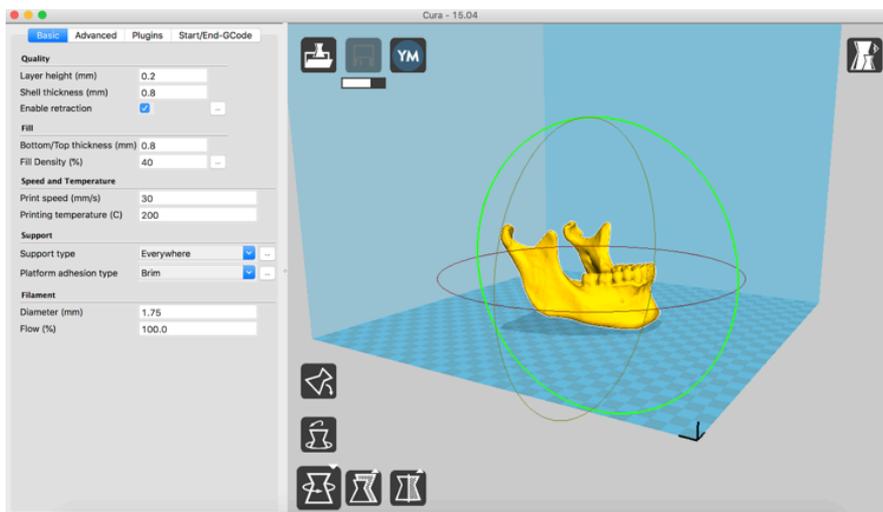


Figura 3. Posicionamiento de la estructura en el software Cura.



Figura 4. Impresora 3D Printrobot Simple Metal.

MÉTODO ESTADÍSTICO

Se seleccionaron tres estructuras óseas: mandíbula, axis y macizo facial-base de cráneo, para aplicarles el protocolo descrito, de las cuales se imprimieron un total de 33 mandíbulas en material PLA (ácido poliláctico), por parte de nueve operadores (estudiantes de último año de la carrera de Odontología) divididos en dos grupos (A y B) y el patrón oro, a las cuales se les aplicaron mediciones de puntos anatómicos para efectuar una comparación analítica con respecto a las mediciones que se encontraban en la TAC y el CBCT.

Para la evaluación del procedimiento, el patrón de oro calificó el desempeño de cada operador de acuerdo con una escala de 1 “No lo logró” (correspondiente a la calificación más baja), a 5 “Excelente” (calificación más alta). Por cada estructura a la que se le aplicó el Protocolo Abierto para la impresión 3D de Modelos Estereolitográficos (PAME), se calificó el desempeño y se midió el tiempo (en minutos y horas) que cada operador tardó para terminar los pasos del protocolo. Se

aplicó un análisis de varianza con mediciones repetidas y generalizado a toda la muestra estudiada, utilizando los programas de Excel y Statistics Base SPSS 22.0.

Terminadas las muestras impresas de cada mandíbula, se procedió a escoger puntos anatómicos estables y repetibles para ser medidos por un único Operador por grupo, utilizando un calibrador digital, con el fin de evitar sesgos de medición entre operador-operador.

RESULTADOS

Para afirmar que existe o no una diferencia estadísticamente significativa se debe tomar en cuenta el p valor (p): si este es menor a 0,05 hay una diferencia estadísticamente significativa, y si es mayor a 0,05 no hay una diferencia estadísticamente significativa.

El análisis realizado para la validación del protocolo, mostró que sí hay diferencia estadística significativa en la duración de uso de los *software*,

por parte de los operadores tanto del grupo A ($p=0,000$) como del grupo B ($p=0,000$) según se detalla en la Tabla 2.

Al realizar el análisis de varianza de las mediciones de las estructuras anatómicas de las

mandíbulas impresas, no se encontró diferencia estadística significativa entre los operadores, el patrón de oro, las mediciones de la TAC y el CBCT, ya que el valor de significancia que se obtuvo fue ($p>0,05$) tanto en el grupo A como en el grupo B, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 2. Tiempo promedio en horas y minutos de las fases del protocolo PAME, número de estructuras analizadas y su desviación estándar por los nueve operadores, el patrón de oro, la TAC y el CBCT.

Fases del protocolo grupo A	Estructuras anatómicas											
	Axis			Macizo			Mandíbula			Total		
	Prom.	N	SD	Prom.	N	SD	Prom.	N	SD	Prom.	N	SD
Software												
Osirix	0:01:20	18	0:00:45	0:01:20	18	0:00:45	0:01:20	18	0:00:43	0:01:20	54	0:00:43
MeshMixer	0:19:33	18	0:08:38	0:29:43	18	0:11:03	0:21:02	18	0:14:34	0:23:26	54	0:12:19
Cura	0:01:30	18	0:01:09	0:02:42	18	0:00:40	0:03:34	18	0:02:54	0:02:35	54	0:02:00
Impresión	1:43:33	18	0:16:23	40:09:10	18	12:59:22	6:34:36	18	1:13:57	16:09:06	54	18:45:50
Total	0:31:29	72	0:43:31	10:10:44	72	18:33:03	1:45:08	72	2:52:28	4:09:07	216	11:37:15

Fases del protocolo grupo B	Estructuras anatómicas											
	Axis			Macizo			Mandíbula			Total		
	Prom.	N	SD	Prom.	N	SD	Prom.	N	SD	Prom.	N	SD
Software												
Osirix	02:24	15	00:36	02:20	15	07:32	02:19	15	00:30	02:21	45	00:35
Mesh Mixer	09:49	15	05:47	10:56	15	00:45	12:10	15	09:00	10:58	45	07:27
Cura	-	-	-	-	-	-	08:25	15	02:10	08:25	15	02:10
Impresión	-	-	-	-	-	-	07:15:20	15	52:56	07:15:20	15	52:56
Total	06:06	30	05:32	06:39	30	06:50	07:15:20	60	03:01:02	59:43:00	120	02:35:34

Se muestra el promedio en horas, minutos y segundos de la duración de cada fase, la N corresponde al número de estructuras óseas analizadas y el SD a la desviación estándar, por sus siglas en inglés.

Tabla 3. Análisis descriptivo del promedio en milímetros, de las mediciones de los puntos anatómicos horizontales y verticales de las mandíbulas impresas por los nueve operadores, el patrón de oro, la TAC y el CBCT.

Puntos anatómicos		AB	CD	EF	AC	GH	IJ
Promedio		61,3462	62,3781	42,5581	93,0986	82,1148	43,1271
IC95%	Inferior	58,7586	60,1869	40,2728	90,7504	79,4011	41,7589
	Superior	63,9337	64,5693	44,8434	95,4467	84,8284	44,4953
Mediana		61,5937	62,5758	42,4974	93,2755	82,0167	43,0412
SD		65,0400	65,3700	42,3700	95,9800	81,3500	42,0000
Mínimo		32,314	23,172	25,205	26,611	35,540	9,035
Máximo		5,68451	4,81378	5,02043	5,15855	5,96154	3,00575
Rango		52,40	54,20	36,50	85,19	75,09	39,60
SD		6,78	6,57	2,87	5,09	4,57	2,73
Mínimo		54,77	54,26	35,16	93,39	76,68	42,04
Máximo		71,02	16,25	70,32	16,06	41,81	6,65
Rango		105,92	12,53	88,41	11,73	49,57	7,53

A=parte más superior de la apófisis coronoides derecha

B=parte más inferior del ángulo mandibular derecho

C=parte más superior de la apófisis coronoides izquierda

D=la parte más inferior del ángulo mandibular izquierdo

E=la eminencia cuspídea canina derecha

F=borde inferior de la rama mandibular perpendicular a la eminencia cuspídea canina

G=foramen mandibular derecho

H=foramen mandibular izquierdo

I=foramen mentoniano derecho

J=foramen mentoniano izquierdo

DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinaron los parámetros para la adquisición de la TAC y el CBCT descritos en la metodología, para obtener una imagen médica de la que sea posible realizar la impresión 3D de las estructuras óseas.

Según Bortz *et al.*, en su artículo CT Colonography for Radiographers, la tomografía médica es una técnica radiográfica por la cual se logra obtener imágenes de estructuras anatómicas u objetos por medio de cortes axiales (2). El conjunto de proyecciones es convertido en una imagen o volumen mediante algoritmos matemáticos, donde

posteriormente se manipulan por un *software* de reconstrucción, con la finalidad de ser visualizado y manipulado en una computadora (2).

Al obtener una imagen correcta, la TAC médica brinda ventanas y filtros de los tejidos duros y blandos, en esta investigación se utilizó la ventana de tejidos blandos para la reconstrucción de las estructuras, ya que la ventana ósea, generaba “ruido” que producía el detalle del hueso en la tomografía. En concordancia con Nayar *et al.*, en su estudio CBCT in Dentistry: A Literature Review, uno de los limitantes del uso de las tomografías son los “artefactos”, que son cualquier error o distorsión que no esté relacionado con el objeto en estudio,

así como el “ruido de la imagen” producido por interacciones con tejidos que generan radiaciones dispersas (10).

Para manipular los datos DICOM que se generan de la TAC y el CBCT, en este estudio se utilizó una computadora con una alta capacidad de procesamiento, lo que permite observar de una manera más eficiente las imágenes DICOM y transformarlas en un formato .STL. De acuerdo con Burgess en su artículo Digital DICOM in Dentistry, los estándares DICOM son un formato o biblioteca de imágenes médicas, que provee una mejor comunicación vía web entre colegas del área de la salud (3).

La impresora seleccionada resultó ser favorable para el estudio, por el bajo costo que implica su uso, ya que como menciona Chan *et al.*, en su estudio Low-Cost 3D Printers Enable High-Quality and Automated Sample Preparation and Molecular Detection, con este tipo de equipos se obtienen resultados de buena calidad a un bajo costo (6).

Para la impresión de los modelos 3D, se utilizó la técnica de Modelado por Deposición Fundida, (FDM por sus siglas en inglés), Sikri, menciona que se considera como una de las técnicas más sencillas para producir prototipos impresos en 3D, compatibles con una amplia variedad de polímeros termoplásticos extruidos capa por capa, mediante una boquilla y controlado por la temperatura, donde se calienta a una forma semilíquida, y se va depositando el material en capas delgadas, que se solidifican después de ser inyectadas (12).

Se utilizó el material PLA para esta investigación, ya que, según Zuluaga, entre los beneficios de utilizar polímeros, se encuentran que estos son de bajo costo, poseen resistencia a la corrosión, tienen baja densidad y buenas propiedades mecánicas, además de que algunos son biodegradables, entre

ellos PLA, el cual es un compuesto quiral, que según su origen puede ser un isómero dextrógiro (D), levógiro (L), o una mezcla de ambos, lo que los diferencia es que el isómero D posee un peso molecular bajo, y el isómero L un peso molecular alto, que sirve para crear bloques duros (15).

Los operadores del estudio lograron imprimir los modelos en 3D con una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al uso de los *software*, obteniendo un valor de ($p=0,000$) en el grupo A y ($p=0,000$) en el grupo B.

Asimismo, no se encontró diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de duración en la aplicación del protocolo por parte de los operadores grupo A ($p=1,000$) y grupo B ($p=0,960$). Se notó que esto depende mucho de la habilidad de cada operador y del ordenador que se utilice al realizar la impresión 3D; además, se ve afectado por la cantidad de RAM de los ordenadores, ya que influye de manera directa la capacidad del computador para acatar los comandos digitados en el programa; así como el número de tareas que ejecutaba en dicho momento.

Al efectuar el análisis de varianza de las mediciones de las estructuras anatómicas de las mandíbulas impresas, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los operadores, el patrón de oro y las mediciones de la TAC y la CBCT, ya que el valor de significancia que se obtuvo fue ($p>0,05$) tanto en el grupo A como en el grupo B. La principal ventaja de haber validado el protocolo es que no existía ninguno publicado que fuera abierto y que permitiera a los profesionales en salud en Odontología, aplicar las tecnología 3D en beneficio de los pacientes. Al ser abierto este protocolo facilita realizar la experimentación necesaria para futuras investigaciones y deja la puerta abierta para que cada vez más profesionales lo apliquen a su quehacer diario y ya no se considere como un tema utópico.

CONCLUSIONES

Se concluye que el protocolo establecido es válido, ya que los nueve operadores que no tenían experiencia previa en la realización de impresiones 3D, al recibir capacitación por parte del patrón de oro, lograron adquirir los conocimientos y práctica necesaria para reproducir modelos estereolitográficos 3D, sin una diferencia estadísticamente significativa entre ellos y el patrón de oro, ($p=0.960$).

Los recursos de *software* y *hardware* utilizados en la investigación para validar el protocolo abierto para impresión 3D; son suficientes para llevarlo a cabo hasta obtener el producto final, en este caso las impresiones 3D de modelos estereolitográficos.

No se observan diferencias estadísticamente significativas en las mediciones de estructuras anatómicas de las mandíbulas impresas, por parte de los operadores y el patrón de oro, con respecto a las mediciones de la TAC y el CBCT, tanto en el grupo A ($p=1,000$) como en el grupo B ($p=0,960$), lo cual refuerza que el protocolo es válido, ya que a pesar de que la impresora utilizada no es de alta definición, permite obtener estructuras en 3D muy similares a las dimensiones originales de las imágenes de las TAC y CBCT.

Múltiples áreas de la Odontología se pueden ver beneficiadas con el uso de las impresiones 3D, las cuales, además, permiten una mejor comunicación entre el odontólogo y el paciente al utilizarse como herramienta educativa.

Finalmente el protocolo propuesto brinda la posibilidad de colocar esta tecnología al alcance de los profesionales en el área de salud, con un menor costo.

AGRADECIMIENTOS

Participantes de los Seminarios de Graduación 2019 y 2018: Brenda González Pineda, Harold Lizano Romero, Paola Morera Rodríguez, Laura Salazar Gutiérrez.

Yazmín Azofeifa Corrales, Manuel Carazo Sancho, Mauricio Tinoco Dobles, Guadalupe Vargas Fernández.

REFERENCIAS

1. Anderson J., Wealleans J., Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *International Endodontic Journal*. 2018; 1-14.
2. Bortz J., Ramlaul A., Munro L. *CT Colonography for Radiographers*. Suiza: Springer International Publishing AG Switzerland, 2016.
3. Burgess J. Digital dicom in dentistry. *The Open Dentistry Journal*. 2015; 9 (2): 330-336.
4. Chae M., Rozen W., McMenamin P., Findlay M., Spychal R., Hunter D. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery. *Frontiers in surgery*. 2015 Jun; 2 (25): 1-14.
5. Chandran S., Sakkir N. Implant-supported full mouth rehabilitation: a guided surgical and prosthetic protocol. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016 Feb; 10 (2): ZJ05-ZJ06.

6. Chan K., Coen M., Hardick J. Low-cost 3D printers enable high-quality and automated sample preparation and molecular detection. *Plos One*. Estados Unidos de América, Maryland. 2016; 11: (6) 1-19.
7. Islas M., Noyola M., Martínez R., Pozos A., Garrocho A. Fundamentals of stereolithography, an useful tool for diagnosis in dentistry. *ODOVTOS*. 2015; 17 (2): 15-21.
8. Lee C. Medical applications for 3D printing: current and projected uses. *Pharmacy and Therapeutics*. 2014 Oct; 39 (10): 704-711.
9. Mittal R., Tripathi S. A review in stereolithography and its biomedical applications. *Guident*. 2015 Jun; 14-18.
10. Nayar S., Bhuminathan S., Manzoor, W. Rapid prototyping and stereolithography in dentistry. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2015 Apr; 7 (1): 216-219.
11. Rebong R., Stewart K., Utreja A., Ghoneima A. Accuracy of three dimensional dental resin models created by fused deposition modeling, stereolithography, and polyjet prototype technologies: a comparative study. *Angle Orthodontists*. 2018 Mar; 00 (00): 1-7.
12. Sikri A., Sikri A., Sikri A. RAM new breakthrough in dentistry. *The IDA times*. 2016 Nov; 1-3.
13. Thakkar V., Kolte D., Solanki N., Aidasani G. Stereolithography an overview. *JIDA*. 2014 Jan; 8 (1): 18-21.
14. Yadav Y., Kumar P., Kumar S., Chari H. Stereolithography a diagnostic tool in oral and maxillofacial surgical treatment planning. *Indian Journal of Dental Advancements*. 2017 Jun; 9 (2): 98-100.
15. Zuluaga F. Algunas aplicaciones del ácido poli-L-láctico. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 2013 Mar; 37 (142): 125-142.



Attribution (BY-NC) - (BY) You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggest the licensor endorses you or your use. (NC) You may not use the material for commercial purposes.