



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

EXPANSIÓN DENTOALVEOLAR COMPARANDO ALINEADORES
TERMOFORMADOS VERSUS IMPRESOS 3D EN PACIENTES CON
MALOCLUSIÓN CLASE I CON APIÑAMIENTO MODERADO TRATADOS
EN EL SERVICIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR DEL
CENTRO DENTAL DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA EN EL PERIODO 2024-2026

DENTOALVEOLAR EXPANSION COMPARING THERMOFORMED
VERSUS 3D PRINTED ALIGNERS IN PATIENTS WITH CLASS I
MALOCCCLUSION WITH MODERATE CROWDING TREATED IN THE
ORTHODONTIC AND MAXILLARY ORTHOPEDIC SERVICE OF THE
TEACHING DENTAL CENTER OF THE PERUVIAN UNIVERSITY
CAYETANO HEREDIA IN THE PERIOD 2024-2026

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA
EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

AUTORA

ROCIO MILAGROS SANCHEZ MORALES

ASESOR

JORGE CARLOS MELGAR GUTIERREZ

LIMA – PERÚ

2024

ASESOR DE TRABAJO ACADÉMICO

ASESOR

Mg. Esp. Jorge Carlos Melgar Gutierrez

Departamento Académico de Estomatología del niño y adolescente – DAENA

ORCID: 0000-0001-7565-1949

Fecha de aprobación: 04 de julio de 2024

Calificación: Aprobado

DEDICATORIA

A mis padres por ser la razón y motor de mi vida. A mi padre, aunque no esté conmigo, sé que desde arriba me ayudara a lograr las metas que me propongo.

AGRADECIMIENTO

- A Dios por iluminar siempre cada paso nuevo que doy, por ser mi luz y sendero en la vida.
- A mis padres Raúl y Teófila por ser el mejor ejemplo que Dios me pudo dar, por su amor y su apoyo inagotable y por haber hecho posible con mucho esfuerzo y entrega mi formación profesional.
- A mis asesores; por la orientación, amabilidad y tiempo dedicado para absolver mis dudas. Colaboradores en la realización y culminación del presente trabajo académico.
- A todas las personas que de manera directa e indirecta participaron en este trabajo.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

Facultad de
ESTOMATOLOGÍA

EXPANSIÓN DENTOALVEOLAR COMPARANDO ALINEADORES TERMOFORMADOS VERSUS IMPRESOS 3D EN PACIENTES CON MALOCCLUSIÓN CLASE I CON APIÑAMIENTO MODERADO TRATADOS EN EL SERVICIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR DEL CENTRO DENTAL DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA EN EL PERIODO 2024-2026

DENTOALVEOLAR EXPANSION COMPARING THERMOFORMED VERSUS 3D PRINTED ALIGNERS IN PATIENTS WITH CLASS I MALOCCLUSION WITH MODERATE CROWDING TREATED IN THE ORTHODONTIC AND MAXILLARY ORTHOPEDIC SERVICE OF THE TEACHING DENTAL CENTER OF THE PERUVIAN UNIVERSITY CAYETANO HEREDIA IN THE PERIOD 2024-2026

TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR.

AUTORA

ROCIO MILAGROS SANCHEZ MORALES

ASESOR

JORGE CARLOS MELGAR GUTIERREZ

LIMA – PERÚ

2024

EXPANSIÓN DENTOALVEOLAR COMPARANDO ALINEADORES TERMOFORMADOS VERSUS IMPRESOS 3D EN PACIENTES CON MALOCCLUSIÓN CLASE I CON APIÑAMIENTO MODERADO TRATADOS EN EL SERVICIO DE ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

INFORME DE ORIGINALIDAD

18% INDICE DE SIMILITUD
17% FUENTES DE INTERNET
3% PUBLICACIONES
4% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	10%
2	docplayer.es Fuente de Internet	2%
3	Prashant Jindal, Mamta Juneja, Francesco Luke Siena, Divya Bajaj, Philip Breedon. "Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners", American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2019 Publicación	1%
4	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	1%

portal.research.lu.se

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
Resumen	
Abstract	
I. Introducción	1
II. Objetivos	5
III. Materiales y métodos	6
IV. Resultados esperados	13
V. Conclusiones	14
VI. Referencias bibliográficas	15
VII. Presupuesto y cronograma	17
Anexos	18

RESUMEN

Introducción: Desde la introducción de los alineadores han surgido preguntas y debates sobre la precisión del movimiento de expansión dentoalveolar. El movimiento transversal implica un movimiento corporal y de inclinación al incrementarse las dimensiones dentoalveolares. La evaluación radiológica tridimensional mediante tomografía computarizada proporciona información valiosa; que permitirá evidenciar los efectos de expansión dentoalveolar producidos por el uso de los alineadores. En una situación ideal, un alineador debería aplicar una fuerza ligera y constante en el tiempo. Para que un alineador ejerza fuerzas seguras pero eficaces, el material ideal debe ser bastante rígido con un alto límite elástico capaz de garantizar que la fuerza aplicada esté dentro del rango elástico.

Objetivo: Evaluar la expansión dentoalveolar comparando alineadores termoformados versus impresos 3D y analizar las diferencias en el resultado del tratamiento para proponer consejos apropiados a la clínica de ortodoncia.

Materiales y métodos: Esta investigación es de tipo prospectivo y longitudinal. El diseño empleado está basado en recolección de datos en tomografías Cone Beam de los pacientes tratados en el Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia en el periodo 2024-2026. **Conclusiones:** El presente estudio permitirá comparar y conocer qué tipo de alineador presenta un mejor desempeño en la expansión dentoalveolar transversal.

Palabras claves: Biomecánica del alineador, movimiento corporal, alineadores impresos en 3D, alineadores en consultorio, tomografía computarizada de haz cónico.

ABSTRACT

Introduction: Since the introduction of aligners, questions and debates have arisen about the precision of the dentoalveolar expansion movement. Transverse movement involves body movement and inclination as the dentoalveolar dimensions increase. Three-dimensional radiological evaluation using computed tomography provides valuable information; which will allow us to demonstrate the effects of dentoalveolar expansion produced by the use of the aligners. In an ideal situation, an aligner should apply a light, constant force over time. For an aligner to exert safe but effective forces, the ideal material must be quite rigid with a high elastic limit capable of ensuring that the applied force is within the elastic range.

Objective: To evaluate dentoalveolar expansion comparing thermoformed versus 3D printed aligners and analyze the differences in treatment outcome to propose appropriate advice to the orthodontic clinic. **Materials and methods:** This research is prospective and longitudinal. The design used is based on data collection in Cone Beam tomography of patients treated in the Orthodontics and Maxillary Orthopedics Service of the Teaching Dental Center of the Universidad Peruana Cayetano Heredia in the period 2024-2026. **Conclusions:** The present study will allow us to compare and know which type of aligner presented the best performance in transverse dentoalveolar expansion.

Keywords: Aligner biomechanics, body movement, 3D printed aligners, in-office aligners, cone beam computed tomography.

I. INTRODUCCIÓN

La terapia con alineadores se ha convertido en parte de la ortodoncia moderna. Desde finales de la década de 1990, se presentaron por primera vez en el mercado como una alternativa a los tradicionales aparatos fijos vestibulares o linguales. Este aparato ha logrado confiabilidad en los movimientos de ortodoncia a lo largo del tiempo. Los protocolos de movimiento han mejorado debido al desarrollo de elementos auxiliares, reducción del esmalte interproximal (IPR) y refinamientos cuando es necesario. El pionero de este sistema fue Kesling, quien desarrolló un aparato de posicionamiento dental a base de caucho. Desde entonces, el interés y la difusión de esta alternativa terapéutica ha aumentado exponencialmente. Hoy en día los alineadores pueden tratar una gran cantidad de casos. El rendimiento estético y la comodidad que brindan estos aparatos han aumentado el número de pacientes que buscan un tratamiento de ortodoncia (1,2).

Los alineadores son una serie de dispositivos correctores transparentes, elásticos y móviles diseñados y fabricados mediante tecnología digital. En cada etapa de uso los dientes se mueven gradualmente a la posición objetivo mediante la fuerza de restauración elástica generada al usar el alineador sobre la corona. Los pacientes deben usar los alineadores en cada etapa durante aproximadamente dos semanas y durante al menos 20 h por día (3).

Los avances en la impresión 3D y las tecnologías digitales han contribuido a mejorar la atención en odontología, el uso de estas técnicas ha generado un cambio

significativo. Los escáneres intraorales, el software de diseño asistido por computadora (CAD) y la impresión 3D han ido allanando el camino. La transición de los flujos de trabajo de odontología analógicos a digitales se está convirtiendo en una realidad práctica (4).

Los alineadores fabricados podrían tener limitaciones inherentes, como inestabilidad dimensional, baja resistencia y resistencia al desgaste reducida. Estos problemas podrían estar asociados con las características de los materiales y con los procesos de fabricación (5).

Actualmente, los alineadores transparentes se producen mediante 2 procesos:

Alineadores Termoformados: Utilizan varios tipos de materiales termoplásticos. El procedimiento de termoformado altera las propiedades del material y el entorno intraoral modifica aún más las propiedades de un alineador transparente, lo que afecta el rendimiento general del material. Se ha observado que los alineadores termoformados pueden tener diferentes espesores, que van desde 0,5 a 1,5 mm, lo que puede afectar sus propiedades y desempeño clínico al tiempo que induce el movimiento dental mediante la presión sobre la superficie del diente. A mayor espesor aumenta la fuerza entregada por una mayor rigidez y módulo de flexión, el proceso de termoformado disminuye estas propiedades, dependiendo del material termoplástico utilizado y del proceso de termoformado realizado. La homogeneidad del espesor del alineador juega un papel importante en la magnitud de las fuerzas.

Alineadores impresos 3D: También conocida como fabricación aditiva permite una impresión capa por capa. Son transparentes de alta precisión con bordes suaves, diseñados digitalmente y reproducidos de manera idéntica; ofreciendo un mejor ajuste, mayor eficacia y reproducibilidad, además, podrían resistir mayor carga. Pueden deformarse elásticamente con reversibilidad para desplazamientos menores (5,6).

Sobre la corrección transversal el sistema probablemente induce una inclinación de los dientes movidos en lugar de una traslación corporal, lo que representa una desventaja en comparación con los brackets. Para superar esta carga, se han desarrollado herramientas adicionales para soportar los movimientos dentales como attachment de composite en las superficies dentales bucales y línea de corte alta en los alineadores que modifican la proyección de la fuerza. La configuración del attachment tiene una influencia mecánica significativa ya que es capaz de alterar el valor de la fuerza y el torque generado por el alineador. La extensión alta de la línea de corte de un alineador da como resultado una mayor superficie sobre la cual se puede aplicar fuerza a los dientes, lo que lleva a una mayor eficiencia y control (7). Desde la aparición de la CBCT y su aplicación en ortodoncia, se ha convertido en un elemento de suma importancia no solo para la parte clínica sino para la investigación con sustento científico; gracias a la precisión y confiabilidad de sus datos se ha podido refutar y poner en duda muchas afirmaciones que en el pasado se consideraban absolutas, de la misma manera ha hecho posible responder científicamente innumerables incógnitas aportando conocimiento para el desarrollo eficiente de la especialidad (8,9).

La opción del tratamiento con alineadores para la expansión dentoalveolar precisa de control radicular y un desplazamiento dentario. Se analizará los efectos biomecánicos en molares, premolares y caninos superiores comparando la efectividad del uso de alineadores termoformados versus los impresos 3D. Los valores de la expansión dentoalveolar con ambos procesos, se ayudará al especialista a tomar mejores decisiones sobre la eficiencia del movimiento de los dientes para el manejo de sus casos clínicos. Por este motivo el presente estudio se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuánto es la expansión dentoalveolar comparando alineadores termoformados versus impresos 3D en pacientes con maloclusión clase I con apiñamiento moderado tratados en el Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia en el periodo 2024-2026?

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la expansión dentoalveolar comparando alineadores termoformados versus impresos 3D en pacientes con maloclusión clase I con apiñamiento moderado tratados en el Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) en el periodo 2024-2026.

Objetivos específicos

1. Determinar la expansión dentoalveolar con alineadores termoformados en pacientes con maloclusión clase I con apiñamiento moderado.
2. Determinar la expansión dentoalveolar con alineadores impresos 3D en pacientes con maloclusión clase I con apiñamiento moderado.
3. Comparar la expansión dentoalveolar entre alineadores termoformados versus impresos 3D en pacientes con maloclusión clase I con apiñamiento moderado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

La presente investigación será cuantitativa, prospectiva, descriptiva y longitudinal.

Población

Pacientes adultos entre 18 y 65 años de edad con maloclusión clase I con apiñamiento moderado y expansión dentoalveolar mediante alineadores termoformados e impresos 3D tratados en el servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Centro Dental Docente de la UPCH que iniciaran su tratamiento en el año 2024 hasta el 2026.

Muestra

El tamaño muestral será seleccionado por conveniencia de acuerdo a la disponibilidad de los tratamientos realizados y según el artículo base de Alwafi, AA, et al. (2024), por ello, se establecerán 25 sujetos por cada grupo, siendo un total de 50 participantes. La selección por grupos será aleatoria, por voluntarios, siendo todos los posibles participantes invitados a ser parte del estudio.

Criterios de selección

Criterios de inclusión

Pacientes adultos entre 18 y 65 años de edad con maloclusión clase I con apiñamiento moderado con expansión dentoalveolar mediante alineadores termoformados e impresos 3D tratados en el Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Centro Dental Docente de la UPCH que inician su tratamiento en el año 2024 hasta el 2026.

Criterios de exclusión

Se excluirán a los pacientes que:

- No presenten dentición permanente hasta los segundos molares.
- No tengan alineadores con la línea de corte alta 2 mm (Aproximadamente).
- Consuman algún medicamento que afecte el metabolismo óseo o de los tejidos blandos.
- Tengan restauración protésica en dientes a ser movidos.
- Evidencien signos radiográficos de pérdida ósea horizontal o defectos óseos verticales. Según el artículo base de Alwafi, AA, et al. (2024).
- Hayan tenido tratamiento previo de expansión/disyunción maxilar o tratamiento previo de ortodoncia.
- Esten en crecimiento.

Operacionalización de variables

Expansión dentoalveolar: Incremento de las dimensiones dentoalveolares del arco superior realizadas en el plano transversal. Variable cuantitativa, continua, de razón, con valores: milímetros.

Tipo de alineadores: Dispositivos plásticos, transparentes, elásticos y removibles diseñados y fabricados mediante tecnología digital. Cubren por completo el diente. Con el uso los dientes se mueven gradualmente a la posición objetivo mediante la fuerza de restauración elástica generada al usar el alineador sobre la corona. Se considerará el tipo de alineador empleado en el tratamiento. Variable cualitativa, dicotómica, nominal con valores: termoformados e impresos 3D.

Ver cuadro de operacionalización de variables (Anexo 1).

Técnicas y procedimientos

Proceso de calibración

- Se realizará la capacitación de los investigadores en el manejo de los volúmenes tomográficos y en el manejo del software con un especialista en radiología oral y maxilofacial del Servicio de Radiología del Centro Dental Docente de la UPCH (10 años de experiencia como mínimo). Se busca una adecuada concordancia y correlación interclase (CCI) con el calibrador.

- Así mismo se realizarán las capacitaciones del manejo del software en el Servicio de Radiología por el especialista en Radiología Oral y Maxilofacial.
- Se realizarán las calibraciones inter examinador e intra examinador previo a la ejecución de la investigación sumando en total 06 tomografías para la prueba piloto, las cuales serán divididas en: 03 alineadores termoformados y 03 alineadores impresos 3D. Las mediciones serán cotejadas al azar por el mismo operador luego de una semana con el fin de disminuir el error de medición.
- Se requerirá un coeficiente de correlación interclase mayor a 0.90.

Evaluación tomográfica

- Se solicitará autorización del Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar, para acceder a los archivos Cone Beam Computed Tomography (CBCT) según los criterios de selección previamente establecidos.
- Las CBCT serán tomadas antes del inicio (T1) e inmediatamente después del final (T2) del tratamiento como parte del protocolo.
- Las CBCT serán almacenadas en un dispositivo USB para su posterior análisis bajo los criterios de confidencialidad descritos asignándole un código.
- Las CBCT serán tomadas con el modelo Picasso Master (Korea), con haz cónico, tiempo de exposición de 24 segundos, campo de visión de 20 x 19 cm, usando un software Real Scan 2.0 para la obtención de diferentes planos.
- Todas las CBCT se visualizarán en una LAPTOP-ABG2RRFL desktop, AMD Ryzen 2.1 GHz, 8192 Mb (RAM), 64 bits, con sistema operativo Windows 10 Home Single Language. Se utilizará una pantalla 20 pulgadas, de 1600x900 de

resolución. El software para medir y trazar en las imágenes CBCT será Real Scan 2.0.

Procedimiento de alineadores termoformados e impresos 3D

- Para el grupo 1 (Alineadores termoformados). Se necesitará un modelo físico 3D para cada alineador individual del conjunto de tratamiento, y se fabrica mediante impresión 3D, estereolitografía o inyección de material. A continuación, se fabricarán los alineadores moldeando el material transparente sobre el modelo 3D de los dientes del paciente bajo un proceso de termoformado al vacío con una presión de 4 bar a 70°C para termoformar una lámina de 0,75 mm de espesor y, finalmente, se recortan (3,4).
- Para el grupo 2 (Alineadores impresos 3D). Durante el modelado de los dientes por el software se generará un alineador a partir de la impresión negativa del modelo dental. El grosor del alineador requerido se definió como 0,75 mm y el formato de archivo STL final compatible para la impresión. El material de resina transparente es una resina biocompatible de largo plazo con alta resistencia a la fractura y al desgaste (4).
- Ambos grupos tendrán attachments con las mismas dimensiones en los primeros molares superiores.
- Todos los pacientes recibirán las mismas instrucciones: Los alineadores deberán usarse al menos 20 horas al día, excepto durante las comidas y las actividades de higiene bucal, y se cambiaban cada 7 días.

Protocolo y análisis CBCT

- La evaluación CBCT será realizada en un ambiente del Servicio de Radiología Oral y Maxilofacial del Centro Dental Docente de la UPCH.
- Cada CBCT será visualizada con el sistema operativo Windows, se abrirá el programa Real Scan del USB y se cargará el volumen al 100%.
- Los archivos Imágenes Digitales y Comunicaciones en Medicina (DICOM) espesor de corte de 0,5 mm. Se procesarán por cada paciente tomando puntos de referencia anatómica (Tabla 1. Tabla de variables) utilizando un sistema de coordenadas propuesto por Chun et al. (10) y se realizarán mediciones.
- Las medidas registradas (Anexo 4) serán extrapoladas a una base de datos Excel Microsoft para posteriormente realizar o ejecutar el plan de análisis. Definición de los parámetros medidos en el estudio (Anexo 2).

Plan de análisis

Se realizará un análisis descriptivo de las variables y uno bivariado mediante la prueba de T de Student, siempre y cuando se compruebe la normalidad de las variables cuantitativas con la prueba de Shapiro Wilks; caso contrario se aplicará la prueba de U de Mann Whitney. El programa empleado será STATA 18.0 con un nivel de confianza de 95% y un $p < 0.05$.

Consideraciones éticas

El presente estudio contará con la aprobación del Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, así mismo contará con la aprobación del jefe de la unidad de gestión del Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Centro Dental Docente de la UPCH. Se mantendrá la confidencialidad y anonimato de los participantes, así como se solicitará la firma y aceptación de un formato de consentimiento informado (Anexo 3).

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Desde una perspectiva de resultados esperados de la investigación, se anticipa que un estudio enfocado en la eficacia de los alineadores sobre el movimiento dentoalveolar en el plano transversal permitirá obtener información de la precisión del movimiento al comparar las propiedades mecánicas y efectos biológicos de los alineadores termoformados versus impresos 3D.

Desde el punto de vista teórico, el estudio permitirá obtener información sobre la efectividad de los alineadores impresos 3D sobre los termoformados pues son de creación directa y resultarían con una alta precisión ofreciendo un mejor ajuste y manteniendo los niveles de fuerza adecuados para el movimiento de los dientes.

Así mismo, desde el punto de vista clínico, se espera que los resultados permitan enfocar la atención en el tipo de procesamiento del alineador ya que influye sobre la precisión, elasticidad y movimiento deseado. La precisión sobre la expansión dentoalveolar prevista varía según el tipo de diente, son más predecible en los premolares y menos predecible en los molares. Los cambios de diámetro transversal son muy altos en ambos alineadores. Sin embargo, los termoformados además de traslación va acompañado de inclinación.

V. CONCLUSIONES

El presente estudio permitirá comparar y conocer qué tipo de alineador presento un mejor desempeño en la expansión dentoalveolar transversal.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Migliorati M, Drago S, Castroflorio T, Pesce P, Battista G, Campobasso A, et al. Accuracy of orthodontic movements with 3D printed aligners: A prospective observational pilot study. *KJO*. 2024;54(3):160-170.
2. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Eficacia de los alineadores transparentes en el control del movimiento dental ortodóncico: una revisión sistemática. *Angle Orthod*. 2015; 85:881-9.
3. Jindal P, Worcester F, Siena FL, Forbes C, Juneja M, Breedon P. Mechanical behaviour of 3D printed vs thermoformed clear dental aligner materials under non-linear compressive loading using FEM. *JMBBM*. 2020; 112:1040-45.
4. Jindal P, Juneja M, Siena FL, Bajaj D, Breedon P. Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019;156(5):694–701.
5. Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C, Santaniello T, Serafin M, Farronato M, et al. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. *Materials (Basel)*. 2021;14(7):1799.
6. Keilig L, Brieskorn L, Schwarze J, Schupp W, Bourauel C, Konermann A. Treatment Efficiency of Maxillary and Mandibular Orovestibular Tooth Expansion and Compression Movements with the Invisalign® System in Adolescents and Adults. *J. Clin. Med*. 2024; 13:1267.
7. Karsli, Nurver, Yildirim, Fazilet, Dingiloğlu, Arda, et al. ¿La extensión de la línea de corte y el tamaño de la inserción afectan la expansión del arco

maxilar en la terapia con alineadores transparentes? Un estudio de elementos finitos. *AOJ*. 2024;40(1).

8. Hodges RJ, Atchison KA, White SC. Impact of cone-beam computed tomography on orthodontic diagnosis and treatment planning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143(5):665–674.
9. Alwafi, AA, Panther, S., Lo, A., Yen, EH, Zou, B. Medición del movimiento de los dientes posteriores del maxilar superior: una evaluación modelo mediante la superposición palatina y dental. *J. Vis. Exp*. 2024;(204).
10. Chun JH, de Castro ACR, Oh S, Kim KH, Choi SH, Nojima LI, Nojima MDCG, Lee KJ. Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):114.

VII. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA

Tabla de presupuesto

Recursos	Cantidad	Precio unitario	Total
Memoria externa. Capacidad 1 Tera	1	200	200.00
USB (Tomografías Cone Bean)	1	20	20.00
Fichas impresas	60	0.50	30.00
Lapiceros	2	1.50	3.00
Total			253.00

Tabla de cronograma

ACTIVIDAD	Jul 2024	Ago 2024	Set 2024	Set 2025	Oct 2025	Nov 2025	Dic 2025
1. Prueba piloto	x						
2. Comité de investigación		x					
3. Comité de ética			x				
4. Recolección de datos			x	x			
5. Procesamiento					x		
6. Análisis datos					x	x	
7. Reporte final							x

ANEXOS

Anexos 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Definición operacional	Tipo	Categorías Escalas	Valores
Expansión dentoalveolar	Incremento de las dimensiones dentoalveolares del arco superior realizadas en el plano transversal	Ancho interdental - IDW	Distancia (mm) entre las puntas de las cúspides bucales derecha e izquierda - 1M	Cuantitativa	Continua De razón	Milímetros
			Distancia (mm) entre las puntas de las cúspides bucales derecha e izquierda - 1PM	Cuantitativa	Continua De razón	Milímetros
			Distancia (mm) entre las puntas de las cúspides derecha e izquierda - C	Cuantitativa	Continua De razón	Milímetros
		Inclinación dental - DI	Ángulo (°) entre la línea que pasa por la punta de la cúspide palatina y el ápice de la raíz palatina, y la línea vertical perpendicular al paladar duro - 1M (Sección coronal)	Cuantitativa	Continua De razón	Grados
			Ángulo (°) entre la línea que pasa por la punta de la cúspide palatina y el ápice de la raíz palatina, y la línea vertical perpendicular al paladar duro - 1PM (Sección coronal)	Cuantitativa	Continua De razón	Grados
			Ángulo (°) entre la línea que pasa por la punta de la cúspide y el ápice de la raíz, y la línea vertical perpendicular al paladar duro - C (Sección coronal)	Cuantitativa	Continua De razón	Grados
Tipo de Alineadores	Dispositivos plásticos transparentes que cubren por completo los dientes produciendo un movimiento dentario gradual	-	Según tipo de alineador empleado en el tratamiento.	Cualitativa	Dicotómica Nominal	Termoformados Impresos 3D

Tiempo	Magnitud física con la que se mide la duración o separación de acontecimientos	-	Momento transcurrido en la que hace la medición	Cualitativa	Dicotómica Ordinal	Inicio Final
Sexo	Conjunto de peculiaridades que caracterizan los individuos de una especie	-	Según información referida por el paciente	Cualitativa	Dicotómica Nominal	Hombre Mujer

Anexo 2. Definición de los parámetros medidos en el estudio

Medición	Definición
Mediciones dentoalveolares	
IDW (ancho interdental)	Distancia (mm) entre las puntas de las cúspides bucales derecha e izquierda de C-IDM, PM-IDW y M-IDW. Se medirán en caninos (C), primeros premolares (PM) y primeros molares (M) superiores en la sección coronal.
DI (Inclinación dental)	Ángulo ($^{\circ}$) entre la línea que pasa por la punta de la cúspide palatina y el ápice de la raíz palatina, y la línea vertical perpendicular al paladar duro medida en los primeros molares superiores en la sección coronal

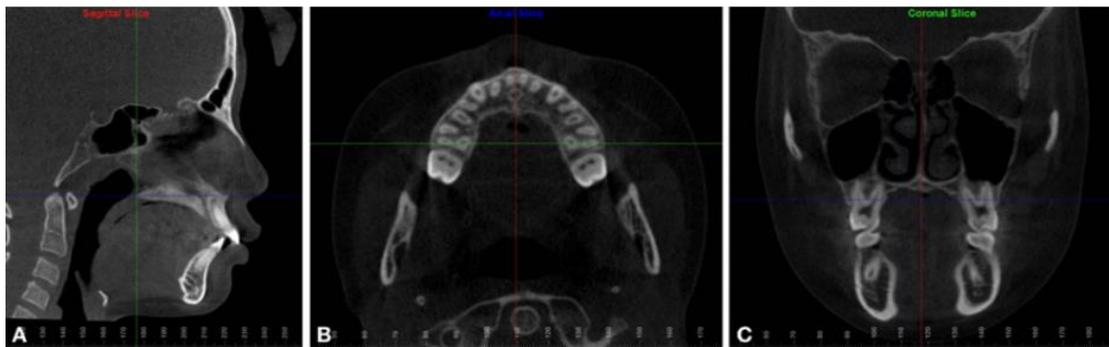


Figura 1. Reorientación de imágenes CBCT. Reorientado paralelo al plano palatino (A. Sección sagital), pasando por los ápices radiculares de ambos primeros molares superiores (B. Sección axial) y paralelo al paladar duro (C. Sección coronal).

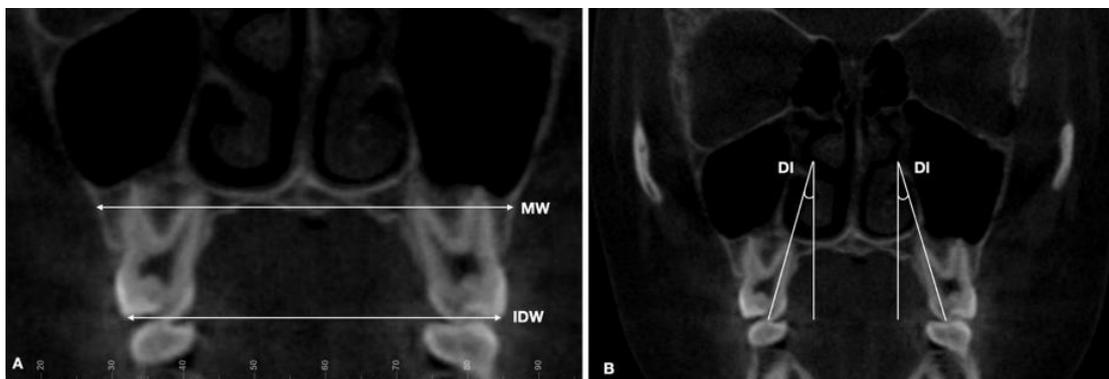


Figura 2. Imágenes CBCT que ilustran variables dentoalveolares: A. MW, ancho maxilar en el paladar duro; IDW, ancho interdental; B. DI, inclinación dental.

Anexo 3. Consentimiento Informado

Consentimiento para participar en un estudio de investigación - ADULTOS -

Instituciones : Universidad Peruana Cayetano Heredia - UPCH
Investigadores: Rocio Milagros Sanchez Morales
Título : Evaluación de la expansión dentoalveolar comparando alineadores termoformados versus impresos 3D en pacientes con maloclusión clase I con apiñamiento moderado tratados en el Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia en el periodo 2024-2026.

Propósito del Estudio:

Lo estamos invitando a participar en un estudio llamado: “Evaluación de la expansión dentoalveolar comparando alineadores termoformados versus impresos 3D en pacientes con maloclusión clase I con apiñamiento moderado tratados en el Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar”. Este es un estudio desarrollado por la Dra. Rocio Sánchez Morales de la UPCH. Se está realizando este estudio para evaluar los efectos del movimiento dental a nivel de las molares, premolares y caninos con el uso de alineadores transparentes para la expansión dentoalveolar y proponer consejos apropiados para la clínica de ortodoncia.

Los alineadores son una serie de dispositivos correctores transparentes, elásticos y removibles, diseñados y fabricados mediante tecnología digital. En cada etapa de uso los dientes se moverán gradualmente a la posición objetivo mediante la fuerza de restauración elástica generada al usar el alineador sobre la corona del diente. Los pacientes deben usar los alineadores por etapa durante aproximadamente dos semanas y al menos 20 h por día.

Procedimientos:

Si usted acepta participar en este estudio se le harán los siguientes exámenes:

1. Se tomarán 02 tomografías computarizadas (CBCT) con el modelo Picasso Master (Korea). Serán tomadas al inicio (T1) y final (T2) del tratamiento de Ortodoncia como parte del protocolo de su tratamiento.

Riesgos:

No se prevén riesgos por participar en esta fase del estudio.

Derechos del paciente:

Si usted decide participar en el estudio, puede retirarse de éste en cualquier momento, o no participar en una parte del estudio sin perjuicio alguno. Si tiene alguna duda adicional, por favor pregunte al personal del estudio, o llamar a la Dra. Rocio Sanchez Morales al tel. [REDACTED]

Si usted tiene preguntas sobre los aspectos éticos del estudio, o cree que ha sido tratado injustamente puede contactar al Comité Institucional de Ética de la UPCH, teléfono 01- 319000 anexo 2271

CONSENTIMIENTO

Acepto voluntariamente participar en este estudio, comprendo que cosas me van a pasar si participo en el proyecto, también entiendo que puedo decidir no participar y que puedo retirarme del estudio en cualquier momento.

_____	_____
Participante	Fecha
Nombre:	
DNI:	

_____	_____
Testigo	Fecha
Nombre:	
DNI:	

_____	_____
Investigador	Fecha
Nombre:	
DNI:	

Anexo 4. Ficha recolección de datos

Ficha recolección de datos N°.....		
Nombre del paciente		
Sexo		
Edad		
Código de Tomografía		
Etapas de la Tomografía	<input type="checkbox"/> Inicio	<input type="checkbox"/> Final
Tratamiento con Alineadores		
Fecha inicio		
Fecha termino		
Tiempo de tratamiento		
Tipo de Alineadores	<input type="checkbox"/> Termoformados	<input type="checkbox"/> Impresión 3D
Mediciones Dentoalveolares		
	Tiempos	
	T1	T2
IDW (ancho interdental)		
M-IDW		
PM-IDW		
C-IDW		
DI (Inclinación dental)		
M-DI		
PM-DI		
C-DI		