Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Odontología

Tesis monográfica para optar al título de
Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial

Salud y Bienestar

Ortodoncia

Selección del mecanismo de expansión transversal del maxilar, basada en los análisis PENN y MINER en un centro radiológico de Managua, 2024-2025

AUTOR

Arévalo−Gutiérrez, María Gabriela Del Socorro

Número ORCID

https://orcid.org/0009-0000-8502-7381

Managua, Nicaragua

agosto, 2026

Universidad Católica Cardenal Miguel Obando Bravo

Facultad de Odontología

Tesis monográfica para optar al título de
Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial

Salud y Bienestar

Ortodoncia

Selección del mecanismo de expansión transversal del maxilar, basada en los análisis PENN y MINER en un centro radiológico de Managua,2024-2025

TUTOR CIENTÍFICO

Dr. Roberto Gaitán

Especialista en ortodoncia

ORCID
https://orcid.org/0009-0000

TUTOR METODOLÓGICO

PhD. José Jesús Mendoza Casanova

Profesor Investigador/UNICA
https://orcid.org/0009-0006-9968-1986

REVISOR Y CORRECTOR DE ESTILO

Lic. Hazel María López Palacios

Profesor Investigador/UNICA
https://orcid.org/0009-0003-9963-8409

Managua, Nicaragua

agosto 2026

CARTA AVAL TUTOR

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor científico, certifico que el trabajo de investigación titulado: ***Selección del mecanismo de expansión transversal del maxilar, basada en los análisis PENN y MINER en un centro radiológico de Managua, 2024-2026***

Realizado por **María Gabriela del Socorro Arévalo Gutiérrez**, cumple con las disposiciones institucionales, científica y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de **Especialista en ortodoncia y Ortopedia Dentofacial**. Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a la Dra. Arévalo Gutiérrez, que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública. Managua, Nicaragua, agosto de 2026.



Dr. Roberto Gaitán
Especialista en Ortodoncia
Email: rgaitan50@yahoo.com

CARTA AVAL TUTOR METODOLÓGICO

Por medio de la presente, y en mi calidad de tutor metodológico, certifico que el trabajo de investigación titulado: ***Selección del mecanismo de expansión transversal del maxilar, basada en los análisis PENN y MINER en un centro radiológico de Managua,2024-2025***

Realizado por María Gabriela del Socorro Arévalo Gutiérrez, cumple con las disposiciones institucionales, metodológicas y técnicas, que regulan esta actividad académica, y constituye su tesis monográfica para optar al título de **Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial.**

Y para que así conste, en cumplimiento con la normativa vigente, autorizo a la Dra. Arévalo Gutiérrez, reproducir el documento definitivo para su entrega oficial a la facultad correspondiente, para que pueda ser tramitada su lectura y defensa pública.

Managua, Nicaragua, 26 de agosto de 2026.

Atentamente,



PhD. José Jesús Mendoza Casanova Profesor Investigador/UNICA jmendoza8@unica.edu.ni

Dedicatoria

Dedico esta tesis, a mi Dios Supremo, a quien reconozco como el centro de mi universo, mi fortaleza, mi refugio y mi todo. A Él, porque en cada momento de incertidumbre sostuvo mi espíritu, iluminó mi entendimiento y renovó mis fuerzas para continuar cuando el camino parecía difícil. Este logro es, ante todo, una manifestación de su amor y de su infinita gracia en mi vida.

A mis hijos, los grandes amores de mi existencia. Cada uno, con su manera única de amar, de comprender y de acompañarme, se convirtió en la razón que impulsó mis pasos durante este recorrido. Gracias por abrazar mis sueños como si fueran propios, por comprender mis ausencias y por recordarme cada día que todo esfuerzo tiene sentido cuando nace del amor.

Que este logro les inspire a creer que los sueños se alcanzan con fe, disciplina y perseverancia.

A mis padres, por haber sido el cimiento sobre el cual se ha construido mi vida. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio silencioso, por creer en mí incluso cuando yo dudaba y por sembrar en mi corazón valores que hoy definen quién soy. Todo lo que soy lleva impresa una parte de ustedes.

Finalmente, dedico este trabajo a la mujer que he llegado a ser. A aquella que decidió no rendirse ante las dificultades, que aprendió a transformar los desafíos en oportunidades de crecimiento y que comprendió que los sueños más valiosos se alcanzan con esfuerzo, constancia y amor. Cada página de esta tesis representa no solo un logro académico, sino también la historia de una vida que eligió perseverar.

Con profundo amor y eterna gratitud.

María Gabriela del Socorro Arévalo Gutiérrez

Los sueños no se heredan ni se encuentran; se construyen cada día con fe, amor, sacrificio y la firme decisión de nunca dejar de creer.

Agradecimiento

Agradezco, en primer lugar, a la Inteligencia Divina del Universo, fuente infinita de amor, luz, sabiduría y energía, por acompañarme en cada instante de esta travesía. Gracias por sostener mi espíritu cuando la tristeza visitó mi corazón, por recordarme que cada desafío representa una oportunidad para crecer y por mostrarme que, aun en los momentos de mayor incertidumbre, la luz siempre encuentra el camino. Tu presencia fue la fuerza silenciosa que me permitió continuar y culminar este sueño.

A mis hijos, por ser mi mayor inspiración y por llenar mi vida de amor, ternura y esperanza. Su presencia fue luz en los días difíciles y motivo suficiente para derribar cualquier miedo o temor durante este camino. Gracias por impulsarme, aun sin saberlo, a continuar con valentía y a creer que cada esfuerzo tenía un propósito.

A mis padres, por su amor incondicional, por sus palabras de aliento y refugio. Gracias, por recordarme mi valor en los momentos en que dudé de mí misma, por ayudarme a levantar la mirada cuando las circunstancias fueron difíciles y por sostenerme con su confianza cuando más lo necesité.

A mis hermanos, quienes, con su apoyo, confianza y presencia constante, fueron un impulso invaluable para emprender y culminar este proyecto. Gracias por extender siempre su mano, por creer en mis capacidades y por recordarme que los grandes logros también se construyen con el respaldo de quienes caminan a nuestro lado.

A todos ustedes, gracias por formar parte de este logro, que no solo representa la culminación de una etapa académica, sino también el testimonio de un camino recorrido con fe, amor, perseverancia y gratitud.

A mi tutor Dr. Roberto Gaitán por su paciencia, disposición y valiosa guía a lo largo de este proceso de investigación. Gracias por compartir sus conocimientos y contribuir de manera significativa al desarrollo de este trabajo.

Resumen

Las discrepancias transversales maxilares representan una alteración esqueletal frecuente dentro del diagnóstico ortodóncico contemporáneo y constituyen un factor determinante para la estabilidad funcional, estética y oclusal del tratamiento. La identificación precisa de estas alteraciones continúa siendo un desafío clínico debido a las limitaciones diagnósticas de los métodos bidimensionales convencionales. En este contexto, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ha permitido el desarrollo de herramientas diagnósticas tridimensionales más precisas, entre las cuales destacan los análisis PENN y MINER.

El presente ensayo científico tuvo como propósito analizar la importancia de la integración de los análisis PENN y MINER mediante CBCT para la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado en pacientes con discrepancia transversal del maxilar. Para ello, se realizó una revisión y análisis crítico de la literatura científica incluida en la tesis titulada “Selección del mecanismo de expansión maxilar para la corrección de la hipoplasia transversal del maxilar basada en los análisis PENN y MINER en un centro radiológico de Managua, 2025– 2026”.

El análisis permitió identificar que el método PENN facilita la evaluación precisa de la discrepancia transversal esqueletal, mientras que el análisis MINER permite valorar la inclinación dentaria y la tolerancia biológica frente a los movimientos expansivos. Asimismo, se evidenció que la integración de ambos métodos mejora la planificación ortodóncica, favoreciendo tratamientos más individualizados, seguros y estables.

Palabras clave: Discrepancia, maxilar, CBCT, análisis, expansión.

Abstract

Maxillary transverse discrepancies represent a frequent skeletal alteration in contemporary orthodontic diagnosis and constitute a determining factor for the functional, esthetic, and occlusal stability of orthodontic treatment. The accurate identification of these alterations remains a clinical challenge due to the diagnostic limitations of conventional twodimensional methods. In this context, cone-beam computed tomography (CBCT) has enabled the development of more precise three-dimensional diagnostic tools, among which the PENN and MINER analyses stand out.

The purpose of this scientific essay was to analyze the importance of integrating PENN and MINER analyses through CBCT for selecting the most appropriate maxillary expansion mechanism in patients with maxillary transverse discrepancy.

The analysis demonstrated that the PENN method facilitates the precise evaluation of skeletal transverse discrepancies, whereas the MINER analysis allows the assessment of dental inclination and biological tolerance to expansion movements.

Keywords: Discrepancy, maxillary, CBCT, analysis, expansion.

CONTENIDO

1. Introducción 1

2. Antecedentes 4

3. Contexto del problema 9

4. Pregunta de investigación 11

5. Objetivos 12

6. Justificación 13

7. Limitantes de la investigación 16

8. Marco Teórico 19

8.1 Marco referencial 20

8.2 Marco conceptual 36

Dimensión transversal del complejo maxilomandibular 36

Hipoplasia transversal del maxilar 40

Análisis PENN 44

Límites biológicos del movimiento ortodóncico 47

Expansión maxilar 49

9.1 Tipo de investigación 53

Enfoque: Cuantitativo 53

Profundidad: Descriptivo 54

Aplicabilidad: Aplicada 54

Temporalidad: Transversal 55

Diseño: Documental 55

Hipótesis de investigación 55

Hipótesis alternativa (H_1) 56

9.2 Definición operativa de las variables 57

9.3 Criterios de inclusión y exclusión 60
9.4Población y muestra 61
9.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 61
9.6 Validez y confiabilidad de los instrumentos 62
9.7 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información 63
9.8 Consideraciones éticas 65
10. Resultados y discusión 66
11. Referencias 108
12. Anexos 114

Índice de tablas

Tabla 1 *Parámetros e interpretación PENN en CBCT. 22*

Tabla 2 *Mediciones de angulación molar para el análisis MINER en CBCT. 28*

Tabla 3 *Matriz de operación del objetivo específico 1 ..... 55*

Tabla 4 *Matriz de operacionalización del objetivo específico 2 ..... 56*

Tabla 5 *Matriz de operacionalización del objetivo específico 3 .....* 57

Tabla 6 *Estadísticos descriptivos de la edad de los pacientes**.....** 65*

Tabla 7 *Estadísticos descriptivos del ancho basal del maxilar según el análisis PENN..... 67*

Tabla 8 *Estadísticos descriptivos del ancho basal mandibular según el análisis PENN**.....** 69*

Tabla 9 *Estadísticos descriptivos de la diferencia transversal según el análisis PENN..... 71*

Tabla 10 *Estadísticos descriptivos de la discrepancia transversal según el análisis PENN.... 75*

Tabla 11 *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar superior derecho según el análisis MINER**.....** 79*

Tabla 12 *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar superior izquierdo según el análisis MINER**.....** 81*

Tabla 13 *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar inferior derecho según el análisis MINER**.....** 83*

Tabla 14 . *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar inferior izquierdo según el análisis MINER**. ……..*..... 85

Tabla 15 *Indicación de expansión maxilar según los criterios diagnósticos del estudio**.** 90*

Tabla 16 *Relación entre la evaluación dentoalveolar mandibular según MINER y la clasificación del ancho transversal según PENN..... 98*

Índice de figuras

Figura 1 *Equipo de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). 20*

Figura 2 *Análisis transversal PENN mediante CBCT**.**..... 21*

Figura 3 *Reconstrucción tridimensional en CBCT para el diagnóstico ortodóncico……..23*

Figura 4 *Medición transversal en modelo convencional de yeso.. ..... 25*

Figura 5 *Aplicación del análisis PENN en CBCT para la evaluación transversal maxilomandibular**.***
..... 26

Figura 6 *Mediciones CBCT para las indicaciones de expansión maxilar según los análisis PENN y MINER.. ..... 27*

Figura 7 *Comparación entre expansor: A dentosoportado y B óseosoportado) 31*

Figura 8 *Expansión maxilar esquelética observada en CBCT**..** ……..... 32*

Figura 9 *Medición transversal mandibular mediante análisis PENN en CBCT**…….**..... 33*

Figura 10 *Análisis de la Universidad de Pennsylvania (UPA/PENN) para la evaluación transversal maxilomandibular.. ..... 34*

Figura 11 *Planos del espacio y rotaciones en el diagnóstico ortodóncico tridimensional..*
..... 38

Figura 12 *Dimensión transversal y mordida cruzada posterior bilateral**..** ……..... 38*

Figura 13 *Radiografía postero anterior en el diagnóstico transversal ortodóncico**.** 40*

Figura 14 *Manifestaciones clínicas de la diferencia transversal del maxilar..... 41*

Figura 15 *Hipoplasia transversal maxilar de origen del desarrollo. 42*

Figura 16 *Inclinación de los primeros molares superiores e inferiores en CBCT**..**..... 46*

Figura 17 *Dehiscencia y fenestración alveolar observadas en CBCT*..... 47

Figura 18 *Evaluación de dehiscencia y fenestración alveolar mediante CBCT*.....48

Figura 19 *Manifestaciones clínicas e imagenológicas de fenestraciones y dehiscencia alveolares*..... 48

Figura 20 *Distribución de los pacientes según sexo*..... 66

Figura 21 *Clasificación del ancho transversal según el análisis PENN*..... 76

Figura 22 *Presencia de hipoplasia transversal maxilar según el análisis PENN*..... 80

Figura 23 *Distribución de la presencia de hipoplasia maxilar según sexo*.....81

Figura 24 *Distribución de la evaluación dentoalveolar mandibular según el análisis MINER*.

..... 91

Figura 25. *Distribución del tipo de expansión maxilar indicada* 93

Figura 26. *Relación entre la clasificación del ancho transversal según PENN y el tipo de expansión maxilar indicada.* 96

Figura 27. *Relación entre la evaluación dentoalveolar mandibular según MINER y el tipo de expansión maxilar indicada*. 98

1. Introducción

El diagnóstico preciso de las discrepancias transversales maxilares representa uno de los desafíos clínicos más relevantes en la planificación ortodóncica contemporánea. Esta condición, caracterizada por una desproporción en la anchura entre el maxilar y la mandíbula, afecta directamente la estabilidad funcional, estética y oclusal del tratamiento ortodóncico. Tradicionalmente, la dimensión transversal ha sido evaluada mediante modelos de yeso y análisis bidimensionales; sin embargo, estos métodos presentan limitaciones importantes en cuanto a precisión, sensibilidad diagnóstica y reproducibilidad (González et al., 2018; Feștilă et al., 2022). Por tal motivo, se ha generado un interés creciente en el uso de tecnologías tridimensionales que permitan una evaluación más exacta del complejo craneofacial, particularmente en el plano transversal.

La incorporación de tecnologías avanzadas de diagnóstico por imágenes, como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés), ha transformado el abordaje clínico de las discrepancias esqueléticas. Esta modalidad permite la visualización tridimensional detallada de las estructuras óseas craneofaciales y ofrece ventajas considerables en comparación con las técnicas convencionales (Miner et al., 2012; Koo et al., 2017).

En ortodoncia, el uso de la CBCT ha contribuido a mejorar la capacidad diagnóstica, al permitir la identificación de alteraciones esqueléticas que pueden no ser evidentes durante la evaluación clínica. Esta información resulta fundamental para desarrollar una planificación terapéutica precisa e individualizada.

En este contexto, destacan dos métodos aplicados al análisis de imágenes CBCT: el análisis de la Universidad de Pennsylvania (PENN) y el análisis MINER. Estos métodos emplean referencias anatómicas tridimensionales para valorar los componentes esqueléticos y dentoalveolares involucrados en las discrepancias transversales (Miner et al., 2012; Miner et al., 2015).

El análisis PENN permite evaluar la discrepancia transversal entre las bases óseas maxilar y mandibular. Por su parte, el análisis MINER permite valorar la inclinación bucolingual de los

primeros molares y reconocer las compensaciones dentoalveolares relacionadas con la condición transversal del paciente (Koo et al., 2017; Miner et al., 2015).

Estas metodologías han sido estudiadas principalmente en investigaciones internacionales (Ayala Arias, 2020; Feștilă et al., 2022), lo cual plantea la necesidad de explorar su aplicación en diferentes contextos poblacionales y clínicos.

La elección del tema de esta tesis surgió de la necesidad de generar evidencia científica local sobre la aplicación de herramientas diagnósticas tridimensionales en la población nicaragüense. Durante la revisión de los antecedentes no se identificaron en Nicaragua investigaciones que integraran los análisis PENN y MINER para evaluar las discrepancias transversales esqueléticas y las compensaciones dentoalveolares. Esta carencia representó una brecha importante en el conocimiento clínico y académico. En este sentido, la investigación se propuso aportar datos originales que contribuyeran a orientar la toma de decisiones clínicas de acuerdo con las características anatómicas de la población estudiada.

El propósito de la investigación fue seleccionar el mecanismo de expansión transversal del maxilar más adecuado, con base en la discrepancia esquelética determinada mediante el análisis PENN y las compensaciones dentoalveolares identificadas mediante el análisis MINER en imágenes CBCT de pacientes sin tratamiento ortodóncico previo. El análisis PENN permitió valorar la magnitud de la discrepancia transversal esquelética, mientras que el análisis MINER aportó información sobre la inclinación dentoalveolar. A partir de estos hallazgos, se integraron criterios imagenológicos que permitieron orientar la selección del mecanismo de expansión más adecuado según las características individuales de cada paciente. La justificación del estudio radicó en fortalecer la planificación ortodóncica mediante una evaluación más precisa, individualizada y basada en evidencia.

En suma, el estudio buscó valorar la utilidad clínica de la integración de los análisis PENN y MINER en el contexto nicaragüense y establecer un precedente investigativo que incentivara futuras investigaciones diagnósticas basadas en CBCT. Con el cumplimiento de sus objetivos, la tesis contribuyó al fortalecimiento de la práctica ortodóncica mediante la aplicación de evaluaciones tridimensionales más detalladas. Finalmente, se buscó establecer un marco

metodológico replicable que sirviera como base para el desarrollo de futuras investigaciones nacionales en ortodoncia tridimensional.

2. Antecedentes

La presente investigación se enmarca en la línea de estudio del diagnóstico tridimensional de las discrepancias transversales maxilares en ortodoncia, específicamente dentro de la sublínea de evaluación morfológica del maxilar superior mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

Esta línea de investigación ha adquirido especial relevancia en los últimos años **(**Miner et al., 2012; Lalangui et al., 2020; Feștilă et al., 2022**)** debido al creciente uso de herramientas imagenológicas tridimensionales que permiten analizar con mayor precisión la dimensión transversal del complejo maxilomandibular y detectar alteraciones esqueléticas que pueden pasar desapercibidas en evaluaciones bidimensionales convencionales.

En este contexto, diversos estudios científicos han analizado la confiabilidad de métodos diagnósticos como el análisis Penn y otros enfoques tridimensionales para la identificación de discrepancias transversales maxilares, así como la influencia de factores dentoalveolares en su diagnóstico. **(**Ayala Arias, 2020; Feștilă et al., 2022; Liu et al., 2023**).** Estos avances evidencian la necesidad de establecer criterios diagnósticos más precisos que permitan interpretar adecuadamente los hallazgos tomográficos y orientar la planificación terapéutica, particularmente en la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado según las características anatómicas y biológicas del paciente.

Nivel internacional

La literatura científica reciente ha abordado con creciente interés la evaluación tridimensional de las discrepancias transversales maxilares utilizando tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). En este marco, los análisis MINER y PENN han emergido como herramientas clave para el diagnóstico preciso de alteraciones transversales del complejo maxilomandibular.

Prueba de ello fue la investigación de Sawchuk, D., Currie, K., Vich, M. L., Palomo, J. M., & Flores-Mir, C. (2016). *Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review*. *The Korean Journal of Orthodontics, 46*(5), 331–342.

Esta revisión sistemática, realizada por autores de Canadá y Estados Unidos, evaluó métodos diagnósticos para deficiencias transversales maxilares. Los resultados indicaron que los índices en modelos dentales son poco confiables, mientras que la CBCT parece ser más fiable que las radiografías postero anteriores para evaluar discrepancias transversales; sin embargo, los autores concluyeron que aún se requiere mayor validación para confirmar su superioridad diagnóstica.

Posteriormente Guerra González, A., Fernández López, A., Tavira Fernández, S., Meléndez Ocampo, A., & Escamilla Valencia, J. (2018). Con su estudio sobre *Sensibilidad y especificidad de un análisis radiográfico, tomográfico y de modelos digitales en la determinación de discrepancias transversales*. *Revista Mexicana de Ortodoncia, 6*(1), 28–34.

Dicho estudio realizado en México, en la Facultad de Odontología de la UNAM. Mostró que el análisis de Ricketts, el análisis tomográfico de Penn y el análisis de modelos CAC presentaron sensibilidad y especificidad mayores al 85%. El análisis de Penn y el CAC demostraron mayor sensibilidad diagnóstica, mientras que la PA de Ricketts mostró mayor especificidad; por ello, los autores consideran al análisis de Penn y al CAC como herramientas válidas para el diagnóstico de discrepancias transversales esqueléticas.

Así mismo Ayala Arias (2020), desde Colombia, publicó el artículo titulado 'Concordancia entre análisis de Penn, YTI y Ricketts en pacientes sin tratamiento ortodóncico', en el cual se reporta una alta reproducibilidad de los métodos Penn y YTI frente a una menor consistencia del análisis de Ricketts, resaltando así su fiabilidad en estudios tridimensionales.

Continuando con los aportes fundamentales, Seubert et al. (2021), en Estados Unidos, realizaron un estudio titulado “Normas transversales maxilares” en niños utilizando CBCT, en el que se establecieron parámetros diagnósticos diferenciados por sexo y edad, contribuyendo al discernimiento entre discrepancias reales y variaciones fisiológicas del crecimiento.

Por otro lado, Feștilă et al. (2022), desde Rumania, publicaron el trabajo 'Comparación entre índice de Pont y UPCBCT en la evaluación de discrepancias transversales', donde se destaca la mayor precisión del análisis UPCBCT, respaldando así el uso de métodos tridimensionales como Penn y YTI.

Lee, K. J., Jeon, H. H., Boucher, N., & Chung, C.-H. (2022), en Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos, realizaron un estudio mediante CBCT para evaluar los anchos transversales del maxilar y la mandíbula y su relación con la inclinación de los primeros molares en adultos con oclusión normal. Los resultados mostraron que, a nivel de furca de los primeros molares, el ancho óseo vestibular maxilar fue ligeramente mayor que el mandibular, mientras que el ancho óseo lingual mandibular fue ligeramente mayor que el maxilar; además, se encontró correlación entre las diferencias transversales maxilomandibulares y la inclinación molar, lo que respalda la valoración conjunta de bases óseas e inclinaciones dentarias en CBCT para el diagnóstico transversal.

A su vez, Liu et al. (2023), desde China, desarrollaron el artículo 'Influencia de las compensaciones dentales en el diagnóstico de discrepancias transversales ocultas mediante CBCT', demostrando que dichas compensaciones pueden enmascarar alteraciones esqueléticas, incluso sin mordida cruzada clínica, lo que resalta el valor del CBCT en el diagnóstico precoz.

De igual manera en china, Kong, L., Liu, Y., Zhou, X., He, H., y Liu, Z. (2023), realizaron un estudio sobre la capacidad de respuesta de tres análisis transversales en CBCT durante la expansión rápida maxilar dentosoportada y asistida con microtornillos, encontraron que los métodos UPenn/PENN, Boston University y Yonsei University respondieron adecuadamente a los cambios esqueléticos transversales. El análisis UPenn/PENN mostró la menor desviación en el acuerdo absoluto, lo que respalda su utilidad para evaluar la deficiencia transversal maxilar mediante CBCT.

En el ámbito clínico, Watted et al. (2024), desde Alemania, publicaron 'Importancia del diagnóstico transversal para decisiones terapéuticas OME vs. SARME', destacando que la precisión diagnóstica mediante análisis como YTI y Penn es crucial para determinar el abordaje ortopédico o quirúrgico.

Asimismo, Kong et al. (2024), en Corea del Sur, elaboraron el artículo 'Cambios transversales maxilares post expansión: comparación entre análisis', concluyendo que el análisis YTI presentó mayor sensibilidad clínica, mientras que el Penn mostró menor margen de error, aportando fundamentos para su evaluación comparativa.

Este margen de confiabilidad de parte del análisis PENN respalda su utilización como herramienta para valorar las condiciones esqueléticas del maxilar, información que posteriormente puede integrarse con los hallazgos del análisis MINER para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado según las características anatómicas y biológicas del paciente.

Adicionalmente, Koo et al. (2024), también desde Corea del Sur, publicaron 'Estandarización geométrica del YTI en CBCT', donde se incrementó su precisión diagnóstica mediante la incorporación de centros de resistencia, aportando bases para su aplicación morfológica.

Por último, Zhang et al. (2025), en China, en el artículo 'Concordancia entre UPA, YTA y AEA en clases esqueléticas I, II y III', evidenciaron que la combinación Penn-Andrews fue más confiable para clases I y II, mientras que los tres métodos mostraron buen rendimiento en clase III, destacando la importancia de considerar el patrón esquelético en los estudios diagnósticos.

Nivel Regional

Lazcano Azócar et al. (2023), en Chile, llevaron a cabo el estudio titulado 'Concordancia diagnóstica entre análisis YTI y Penn en pacientes chilenos', donde se evidenció una baja concordancia diagnóstica (kappa = 0.368), señalando que ambos métodos no son intercambiables, lo cual abre paso al análisis contextualizado por población.

Rodríguez Alayza, S. B. (2023). En Perú llevaron a cabo el *diagnóstico transversal mediante el análisis de Penn, el análisis de Miner y el análisis de Yonsei, en tomografías de pacientes de 15 a 35 años, Arequipa 2022* [Tesis de segunda especialidad, Universidad Católica de Santa María]. Esta investigación evaluó la concordancia diagnóstica entre los análisis PENN, MINER y Yonsei en 45 tomografías CBCT. Los resultados mostraron baja concordancia entre los métodos: PENNMINER (K = 0.121), PENN-Yonsei (K = 0.295) y MINER-Yonsei (K = 0.320), concluyendo que no existe concordancia suficiente entre estos análisis para determinar la presencia o ausencia de deficiencia transversal.

De igual forma, Moreno Terrazas et al. (2024), desde Bolivia, en el artículo 'Prevalencia de colapso maxilar en adultos jóvenes mediante análisis Penn', reportaron una alta frecuencia de

colapso sin repercusión terapéutica significativa, lo que evidencia la necesidad de correlacionar hallazgos radiológicos con criterios clínicos.

Nivel Nacional (Nicaragua)

Tras una revisión exhaustiva en repositorios académicos, bases de datos científicas y registros institucionales, no se han identificado investigaciones publicadas que evidencien la realización en Nicaragua de estudios orientados al diagnóstico tridimensional de las discrepancias transversales maxilares mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), ni investigaciones que integren los análisis MINER y PENN como herramientas diagnósticas para la identificación de hipoplasias maxilares y la planificación del tratamiento ortodóncico. En consecuencia, se evidencia una ausencia de antecedentes científicos nacionales relacionados con esta temática.

En este sentido, el presente estudio constituye un aporte pionero para el ámbito académico y clínico nicaragüense, al generar evidencia científica sobre la evaluación tomográfica de las discrepancias transversales maxilares y su relación con la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado. Asimismo, los resultados obtenidos podrán servir como línea base para futuras investigaciones, contribuir al fortalecimiento de la formación académica en programas de especialidad en ortodoncia y favorecer el desarrollo de criterios diagnósticos más precisos en la práctica clínica.

3. Contexto del problema

Las discrepancias transversales esqueléticas representan alteraciones de gran relevancia en el desarrollo craneofacial que pueden permanecer inadvertidas si no se diagnostican oportunamente. Cuando estas condiciones pasan desapercibidas, sus efectos negativos pueden manifestarse en diferentes aspectos del tratamiento ortodóncico, desde compensaciones dentoalveolares inadecuadas hasta asimetrías faciales, inestabilidad oclusal y recidiva posterior al tratamiento. La falta de un diagnóstico oportuno puede comprometer no solo los resultados estéticos, sino también la función masticatoria y la estabilidad del sistema estomatognático.

El avance de las tecnologías de diagnóstico por imágenes ha transformado la práctica ortodóncica. En este contexto, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se ha convertido en una herramienta valiosa para el estudio tridimensional del complejo maxilofacial. A partir de esta tecnología se han desarrollado métodos específicos para identificar y cuantificar discrepancias transversales esqueléticas que anteriormente eran difíciles de valorar con exactitud. Entre estos métodos destacan el análisis de la Universidad de Pennsylvania (PENN) y el análisis MINER, descritos en la literatura como herramientas útiles para evaluar los componentes esqueléticos y dentoalveolares involucrados en las alteraciones transversales.

A pesar de su reconocimiento, persistía la necesidad de determinar cómo la integración de los análisis PENN y MINER podía aportar información complementaria para el diagnóstico transversal y la selección del mecanismo de expansión maxilar. Esta necesidad se relacionaba con la variabilidad de los puntos de referencia anatómicos utilizados, la heterogeneidad de las poblaciones estudiadas y la limitada disponibilidad de investigaciones que aplicaran ambos análisis de manera conjunta. La ausencia de criterios integrados podía dificultar la toma de decisiones terapéuticas fundamentadas en las características esqueléticas y dentoalveolares de cada paciente.

Asimismo, los métodos diagnósticos convencionales, como los modelos de yeso y las radiografías bidimensionales, presentan limitaciones para valorar con exactitud la morfología ósea transversal. Los modelos de estudio no permiten visualizar directamente las bases

esqueléticas, lo cual dificulta la identificación de discrepancias ocultas. Por su parte, las radiografías bidimensionales presentan superposición y distorsión de las estructuras anatómicas. Estas limitaciones pueden incrementar el riesgo de realizar un diagnóstico incompleto y afectar la planificación del tratamiento ortodóncico.

En el contexto nicaragüense, durante la revisión de los antecedentes no se identificaron bases de datos locales ni investigaciones que integraran los análisis PENN y MINER aplicados a imágenes CBCT de pacientes sin tratamiento ortodóncico previo. Esta carencia generaba dependencia de evidencia obtenida en otras poblaciones, cuyos resultados podían no representar completamente las características de la población estudiada. Asimismo, la falta de evidencia científica local limitaba la disponibilidad de criterios objetivos para evaluar las discrepancias transversales y seleccionar el mecanismo de expansión maxilar más adecuado.

Frente a este vacío diagnóstico y metodológico, surgió la necesidad de integrar los resultados de los análisis PENN y MINER aplicados a imágenes CBCT de pacientes sin tratamiento ortodóncico previo. Esta integración permitió establecer criterios más objetivos para evaluar la discrepancia esquelética transversal y las compensaciones dentoalveolares, así como orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar. De esta manera, la investigación contribuyó al fortalecimiento de la práctica ortodóncica basada en evidencia dentro del contexto nicaragüense.

4. Pregunta de investigación

¿Cuál es el mecanismo de expansión transversal del maxilar más indicado, según los resultados de los análisis PENN y MINER obtenidos en tomografías de pacientes atendidos en un centro radiológico de Managua durante el periodo 2024-2025?

5. Objetivos

Objetivo general

Seleccionar el mecanismo de expansión transversal del maxilar más adecuado, con base en la discrepancia esquelética determinada mediante el análisis PENN y las compensaciones dentoalveolares identificadas mediante el análisis MINER.

Objetivos específicos

Identificar la magnitud de la discrepancia transversal del maxilar mediante el análisis de las dimensiones esqueléticas utilizando el método PENN en CBCT.

Analizar la inclinación dental y su relación con las bases óseas a través del análisis MINER para evaluar los limites dentoalveolares ante la expansión.

Integrar los hallazgos obtenidos de los análisis PENN y MINER para establecer el mecanismo de expansión maxilar más sugerido en cada paciente.

6. Justificación

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), la justificación de una investigación debe fundamentarse en cinco criterios principales: conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica. En función de estos criterios se expuso la importancia del presente estudio.

Conveniencia del estudio

La presente investigación se enfocó en la selección del mecanismo de expansión transversal del maxilar más idóneo**,** mediante el análisis de imágenes obtenidas por tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la aplicación de los análisis PENN y MINER. Este tema resultó conveniente porque contribuyó para la especialidad de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial, debido a que la elección adecuada del tipo de expansión constituye un elemento fundamental para alcanzar resultados terapéuticos eficaces, estables y biológicamente seguros. La decisión clínica debe sustentarse en una valoración precisa de la discrepancia transversal esquelética y de las compensaciones dentoalveolares presentes. En este sentido, el análisis PENN permite evaluar la relación transversal entre el maxilar y la mandíbula, mientras que el análisis MINER facilita la identificación de las inclinaciones bucolinguales de los primeros molares. La integración de ambos análisis proporciona información diagnóstica útil para orientar la selección del mecanismo de expansión más apropiado según las características morfológicas de cada caso.

Además, el uso de tecnologías tridimensionales como la CBCT permite obtener una visión más completa y detallada de las estructuras óseas y dentoalveolares del paciente, lo cual facilita la identificación de las características anatómicas que influyen en la elección del tratamiento ortodóncico. En este sentido, la investigación resulta conveniente porque contribuye a fortalecer el proceso diagnóstico en ortodoncia, permitiendo que la selección del mecanismo de expansión maxilar se base en información objetiva y en parámetros clínicos más precisos.

Relevancia social

Desde el punto de vista social, esta investigación adquierió importancia porque sus resultados podían contribuir a mejorar la calidad de los tratamientos ortodóncicos dirigidos a pacientes que presentan hipoplasia maxilar. Cuando el diagnóstico se realiza de manera adecuada y se selecciona el mecanismo de expansión más apropiado, se incrementan las probabilidades de éxito del tratamiento y se reducen posibles complicaciones durante el proceso terapéutico. Esto se traduce en beneficios directos para los pacientes, quienes pueden recibir tratamientos más seguros y efectivos.

Asimismo, el estudio también podía beneficiar a los profesionales de la odontología, especialmente a los especialistas en ortodoncia, ya que proporcionó información científica que puede servir de apoyo en la toma de decisiones clínicas. Contar con evidencia que respalde el uso de herramientas diagnósticas como los análisis PENN y MINER permite fortalecer la práctica clínica y mejorar la confianza tanto del profesional como del paciente durante el tratamiento.

Implicaciones prácticas

En el ámbito clínico, esta investigación tuvo importantes implicaciones prácticas, ya que buscó aportar criterios diagnósticos que permiten orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado en pacientes con discrepancias maxilares . La integración de los resultados obtenidos mediante los análisis PENN y MINER permitió comprender de forma más clara las características morfológicas del maxilar superior y los límites biológicos que deben considerarse al momento de planificar un tratamiento de expansión.

De esta manera, sus resultados podían contribuir a optimizar la planificación ortodóncica, permitiendo que los tratamientos se desarrollen de forma más eficiente y con mayor predictibilidad. Además, al contar con información diagnóstica más completa, el ortodoncista puede reducir el tiempo de tratamiento y mejorar los resultados clínicos, garantizando al mismo tiempo la estabilidad del tratamiento y la preservación de la salud de las estructuras dentoalveolares.

Implicaciones teóricas

Desde una perspectiva teórica, esta investigación permitió ampliar el conocimiento existente sobre la evaluación morfológica del maxilar superior mediante el uso de tomografía computarizada de haz cónico y la aplicación de análisis diagnósticos tridimensionales utilizados en ortodoncia. En particular, el estudio aportó información relevante sobre la utilidad de los análisis PENN y MINER como herramientas de apoyo para evaluar las condiciones anatómicas que influyen en la selección del mecanismo de expansión maxilar.

Además, los resultados de la investigación podrían contribuir al desarrollo de nuevas líneas de estudio relacionadas con el diagnóstico ortodóncico tridimensional y la planificación de tratamientos de expansión maxilar. Este conocimiento puede servir como base para futuras investigaciones que analicen otras variables clínicas, como el patrón esquelético, el tipo de maloclusión o la edad del paciente, ampliando así el campo de estudio dentro de la ortodoncia.

Utilidad metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la investigación propuso la aplicación sistemática de herramientas diagnósticas tridimensionales para evaluar las condiciones morfológicas del maxilar superior en pacientes con necesidad de tratamiento ortodóntico. La utilización de CBCT junto con los análisis PENN y MINER permitió establecer un procedimiento de evaluación organizado que facilite la recopilación y el análisis de información diagnóstica relevante para la planificación del tratamiento ortodóncico.

Asimismo, el estudio representó una oportunidad para generar evidencia científica en el contexto nicaragüense, donde actualmente no se han documentado investigaciones relacionadas con la aplicación conjunta de estos análisis para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar. En este sentido, la investigación podía servir como referencia para futuros estudios y contribuir al fortalecimiento de la investigación científica y de la formación académica en programas de especialidad en ortodoncia.

7. Limitantes de la investigación

Toda investigación presenta restricciones inherentes a su diseño y ejecución, las cuales pueden influir tanto en la interpretación de los resultados como en la posibilidad de generalizar los hallazgos a otras poblaciones. En el presente estudio, orientado a la evaluación del mecanismo de expansión maxilar más idóneo en casos de necesidad de tratamiento ortodóntico mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la aplicación de los análisis PENN y MINER, se identificaron diversas limitaciones de carácter metodológico, técnico y operativo que deben ser consideradas para valorar adecuadamente el alcance de los resultados obtenidos.

Una de las principales limitaciones del estudio se relaciona con el tamaño y la representatividad de la muestra analizada. Al tratarse de un estudio basado en tomografías disponibles en un centro radiológico específico, la cantidad de casos incluidos puede ser limitada en comparación con la población total de pacientes que presentan hipoplasia maxilar. Esta situación podría restringir la capacidad de generalizar los resultados a otras poblaciones, grupos etarios o contextos clínicos diferentes, por lo que los hallazgos deben interpretarse dentro del marco específico en el que se desarrolló la investigación.

Otra limitación importante corresponde a la variabilidad anatómica individual de los pacientes evaluados. Factores como el crecimiento craneofacial, el grado de maduración ósea, el patrón facial y la presencia de compensaciones dentoalveolares pueden influir en la interpretación de los valores obtenidos mediante los análisis PENN y MINER. Asimismo, la presencia de asimetrías faciales o variaciones morfológicas propias de cada individuo puede generar diferencias en las mediciones, lo cual representa un elemento que debe ser considerado durante el análisis de los resultados.

Desde el punto de vista técnico, aunque la tomografía computarizada de haz cónico constituye una herramienta diagnóstica altamente precisa, su calidad puede verse influenciada por diversos factores, tales como la presencia de artefactos, la posición del paciente durante la toma del estudio o las características del equipo utilizado. Además, no todos los centros clínicos

cuentan con equipos de CBCT de alta resolución ni con el software especializado necesario para aplicar de forma adecuada los análisis PENN y MINER, lo cual podría limitar la replicabilidad del estudio en contextos con menor disponibilidad tecnológica.

Asimismo, la aplicación de los análisis PENN y MINER requiere la identificación precisa de puntos anatómicos específicos para realizar las mediciones correspondientes. Este proceso puede estar sujeto a cierta variabilidad entre operadores, especialmente si no se cuenta con protocolos de estandarización adecuados o con pruebas de concordancia intraevaluador e interevaluador. Esta situación podría influir en la reproducibilidad de las mediciones y constituye una limitación que debe considerarse al interpretar los resultados del estudio.

Otra limitación del estudio se relaciona con el diseño transversal de la investigación, el cual se centra en la evaluación diagnóstica a partir de imágenes tomográficas disponibles en un momento determinado. Debido a esta característica, no es posible establecer una correlación directa entre los hallazgos diagnósticos obtenidos mediante CBCT y los resultados clínicos a largo plazo de los tratamientos de expansión maxilar. En consecuencia, aunque el estudio permite orientar la selección del mecanismo de expansión más adecuado, no evalúa la estabilidad o evolución clínica posterior de los tratamientos.

Por otra parte, la edad cronológica de los pacientes evaluados puede no reflejar con exactitud su nivel real de maduración esquelética. En ausencia de métodos complementarios para evaluar la edad biológica, como el análisis de maduración vertebral cervical (CVM) u otros indicadores de crecimiento, existe la posibilidad de que algunos valores diagnósticos se vean influenciados por la etapa de desarrollo craneofacial del paciente, lo cual podría afectar la interpretación de los resultados en determinados casos.

Finalmente, la accesibilidad a estudios tomográficos y a herramientas tecnológicas especializadas representa otra limitación potencial. La utilización de CBCT y de software avanzado para la aplicación de los análisis PENN y MINER puede implicar costos elevados, lo que podría dificultar la replicación de este tipo de estudios en centros clínicos con recursos limitados, especialmente en contextos latinoamericanos donde el acceso a estas tecnologías aún es restringido.

A pesar de las limitaciones señaladas, el presente estudio mantiene su validez científica y aporta información relevante para el campo de la ortodoncia. La utilización de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como herramienta diagnóstica tridimensional, junto con la aplicación sistemática de los análisis PENN y MINER, permite obtener una evaluación detallada de las condiciones morfológicas del maxilar superior en pacientes con hipoplasia maxilar. Asimismo, la investigación ofrece un aporte significativo al contexto académico y clínico nicaragüense, donde actualmente existe una escasa producción científica relacionada con el uso de estos análisis para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar. En este sentido, los resultados obtenidos constituyen una base inicial de evidencia que puede servir como punto de partida para futuras investigaciones más amplias, incluyendo estudios longitudinales y poblaciones más representativas que peritan profundizar en el conocimiento de esta problemática clínica.

8. Marco Teórico

El marco referencial y el marco conceptual constituyen el sustento teórico y científico de la presente investigación, orientada al estudio de la hipoplasia transversal del maxilar y a la evaluación de las condiciones morfológicas del maxilar superior mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). El marco referencial presenta una revisión de artículos científicos internacionales y regionales relacionados con el diagnóstico tridimensional del complejo maxilomandibular, abordando aspectos como la confiabilidad de los métodos diagnósticos utilizados para evaluar la dimensión transversal del maxilar, la influencia de las compensaciones dentoalveolares en la interpretación diagnóstica y la importancia del diagnóstico adecuado en la planificación de tratamientos de expansión maxilar. Estos antecedentes permiten comprender los avances científicos en el uso de herramientas tridimensionales para el diagnóstico ortodóncico y respaldan la aplicación de análisis como PENN y MINER en la evaluación de las estructuras maxilares.

Por su parte, el marco conceptual desarrolla los fundamentos teóricos que sustentan las variables analizadas en la investigación. En este apartado se abordan conceptos relacionados con la hipoplasia transversal del maxilar, la morfología del complejo maxilomandibular y los principios diagnósticos asociados al uso de CBCT en ortodoncia. Asimismo, se describen los análisis PENN y MINER como herramientas para la evaluación de las dimensiones esqueléticas y dentoalveolares del maxilar superior e inferior, así como las definiciones y clasificaciones relacionadas con los procedimientos de expansión maxilar. De esta manera, ambos marcos permiten contextualizar el problema de investigación y orientar el análisis de los resultados desde una perspectiva científica y metodológica que facilite la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado según las características anatómicas y dentoalveolares del paciente.

8.1 Marco referencial

En la literatura científica reciente, el diagnóstico de las discrepancias transversales del maxilar ha evolucionado significativamente con la incorporación de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), la cual permite realizar evaluaciones tridimensionales más precisas de las estructuras craneofaciales.

Figura 1. *Equipo de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)*



Nota. La imagen muestra un equipo de tomografía computarizada de haz cónico utilizado para obtener imágenes tridimensionales del complejo maxilofacial.
Fuente. Tomado de Yu et al. (2017).

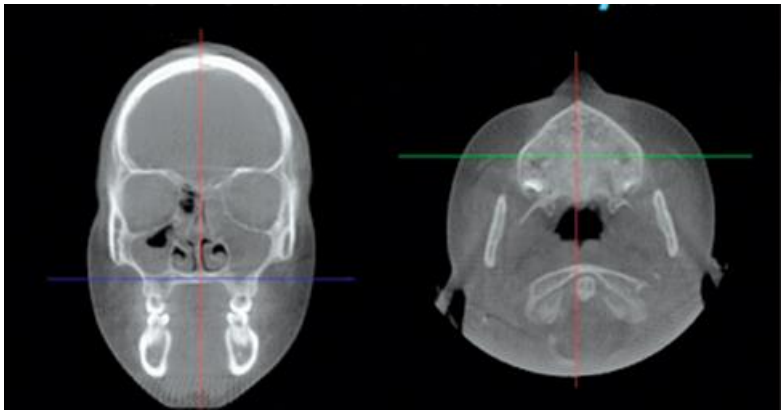
Diversos estudios internacionales han analizado la utilidad de diferentes métodos diagnósticos para identificar alteraciones transversales del maxilar, destacando especialmente aquellos basados en mediciones tridimensionales que permiten evaluar con mayor exactitud la dimensión esquelética y las posibles compensaciones dentoalveolares. En este contexto, investigaciones recientes han abordado la confiabilidad del análisis PENN y la influencia de factores morfológicos en el diagnóstico de la discrepancia transversal del maxilar, así como su importancia en la planificación de tratamientos de expansión maxilar.

A partir de la necesidad de valorar con mayor precisión la dimensión transversal en ortodoncia, Tamburrino, R. K., Boucher, N. S., Vanarsdall, R. L., y Secchi, A. G. (2010) publicaron el artículo *The transverse dimension: Diagnosis and relevance to functional occlusion*, en *RWISO Journal, 2*, 13–22.

El artículo aborda la importancia de evaluar la dimensión transversal dentro del diagnóstico ortodóncico y describe diferentes métodos para su análisis, entre ellos el análisis transversal mediante CBCT de la Universidad de Pennsylvania. En este método se realizan mediciones directas de las bases óseas maxilar y mandibular, y se establece como referencia una diferencia aproximada de 5 mm a favor del maxilar para una relación transversal considerada adecuada.

Este estudio es relevante para la presente investigación porque sustenta el fundamento del análisis PENN utilizado para valorar la relación transversal maxilomandibular mediante CBCT. Sus criterios permiten cuantificar la discrepancia transversal esquelética y aportan una base diagnóstica objetiva que, al integrarse con la evaluación dentoalveolar mediante MINER, contribuye a orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado.

Figura 2. *Análisis transversal PENN mediante CBCT.*



Nota. La figura muestra la orientación de los cortes coronal y axial utilizados en el análisis PENN para localizar el nivel de medición transversal de la base ósea maxilar.
Fuente: Adaptado de Tamburrino et al. (2010).

Tabla 1 *Parámetros e interpretación PENN en CBCT*

Aspecto	Información para el análisis PENN
Ancho maxilar	Se mide la distancia transversal entre el punto yugal derecho y el punto yugal izquierdo en CBCT.
Punto de referencia maxilar	Punto yugal derecho e izquierdo.
Ancho mandibular	Se mide la distancia transversal entre el WALA derecho y el WALA izquierdo en CBCT.
Punto de referencia mandibular	WALA Ridge derecho e izquierdo.
Norma del análisis PENN	El maxilar debe ser aproximadamente 5 mm más ancho que la mandíbula.
Fórmula práctica maxilar.	Discrepancia transversal = ancho mandibular + 5 mm − ancho
Interpretación: resultado 0	Relación transversal dentro de la norma esperada. mm
Interpretación: resultado	Sugiere deficiencia transversal maxilar. positivo
Interpretación: resultado negativo	Sugiere que el maxilar se encuentra más ancho de lo esperado respecto a la mandíbula.

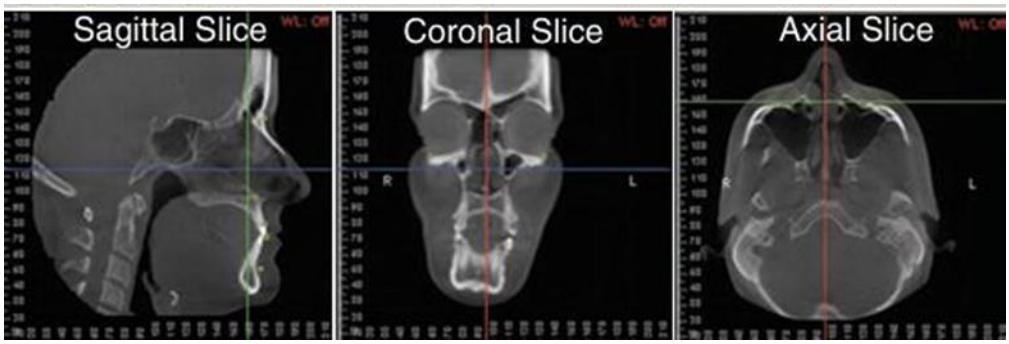
Nota. Los parámetros de medición del análisis PENN se basan en la identificación de los puntos yugales derecho e izquierdo para el ancho maxilar y los puntos WALA derecho e izquierdo para el ancho mandibular.

Fuente Guerra González et al. (2018).

Estas referencias científicas constituyen una base relevante para comprender la importancia del diagnóstico transversal preciso en ortodoncia, particularmente cuando se emplean herramientas tridimensionales como el CBCT. Asimismo, evidencian la necesidad de integrar diferentes parámetros diagnósticos para mejorar la toma de decisiones terapéuticas en pacientes con discrepancias maxilares. En este sentido, la presente investigación se fundamenta en estos aportes para analizar las condiciones morfológicas y dentoalveolares del maxilar superior e inferior mediante los análisis PENN y MINNER, con el propósito de contribuir a la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado en pacientes evaluados en un centro radiológico de Managua.

Ayala Arias (2020) desarrolló el estudio titulado *"Concordancia entre análisis de PENN, YTI y Ricketts en pacientes sin tratamiento ortodóncico"*. La investigación se llevó a cabo mediante un estudio observacional en el cual se analizaron tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) de pacientes sin tratamiento ortodóncico previo, con el objetivo de comparar la concordancia diagnóstica entre diferentes métodos utilizados para evaluar discrepancias transversales maxilares.

Figura 3. *Reconstrucción tridimensional en CBCT para el diagnóstico ortodóncico.*



Nota. La imagen muestra cortes tomográficos en los planos sagital, coronal y axial obtenidos mediante tomografía computarizada de haz cónico.
Fuente. Tomado de Proffit et al. (2019).

Los resultados evidenciaron una alta reproducibilidad y consistencia diagnóstica de los análisis PENN y YTI, mientras que el análisis de Ricketts presentó menor estabilidad en las mediciones tridimensionales. Esto demuestra la utilidad de los métodos tridimensionales para el diagnóstico de discrepancias transversales del maxilar.

Este estudio se relaciona con la presente investigación porque respalda la confiabilidad del análisis PENN como herramienta diagnóstica para evaluar la dimensión transversal del maxilar, lo cual constituye la base para identificar la hipoplasia transversal maxilar en pacientes evaluados mediante CBCT.

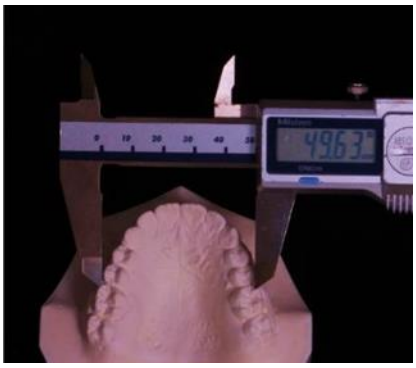
Seubert et al. (2021) realizaron el estudio titulado *"Normas transversales maxilares en niños utilizando CBCT"*. En esta investigación se analizaron tomografías CBCT de pacientes pediátricos con el objetivo de establecer valores normativos para las dimensiones transversales del maxilar considerando variables como edad y sexo.

Los resultados permitieron establecer parámetros diagnósticos diferenciados según edad y sexo, lo que facilita distinguir entre discrepancias esqueléticas reales y variaciones fisiológicas del crecimiento.

Este estudio se relaciona con la presente investigación porque proporciona valores de referencia para interpretar las mediciones transversales obtenidas mediante CBCT, lo cual permite identificar con mayor precisión la presencia de hipoplasia transversal del maxilar.

Feștilă et al. (2022) desarrollaron el estudio titulado *"Comparación entre índice de Pont y UPCBCT en la evaluación de discrepancias transversales"*. La investigación comparó métodos bidimensionales tradicionales con métodos tridimensionales basados en CBCT para evaluar discrepancias transversales maxilares.

Figura 4. *Medición transversal en modelo convencional de yeso.*



Nota. La imagen muestra la medición manual del ancho de arcada en un modelo convencional de yeso mediante calibrador digital, procedimiento utilizado en el análisis de modelos de estudio para valorar dimensiones dentarias y transversales.
Fuente. Adaptado de Alpaydın et al. (2025).

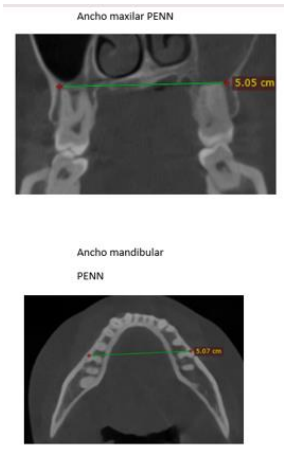
Los resultados demostraron que los métodos tridimensionales presentan mayor precisión diagnóstica que los métodos tradicionales, lo que respalda el uso de CBCT para la evaluación ortodóncica de la dimensión transversal del maxilar.

Este estudio se vincula con la presente investigación porque refuerza la importancia de utilizar métodos tridimensionales para identificar discrepancias transversales y sustenta la aplicación del análisis PENN como herramienta objetiva para valorar la dimensión esquelética transversal.

Siguiendo esta línea de investigación y con el propósito de profundizar en la utilidad diagnóstica del análisis PENN, Diagnosis of maxillary collapse according to the Penn analysis (2024) evaluó la utilidad del análisis Penn para identificar colapsos transversales del maxilar mediante tomografía computarizada de haz cónico.

Los resultados confirmaron que el análisis Penn constituye una herramienta confiable para detectar colapsos maxilares y discrepancias transversales, facilitando el diagnóstico tridimensional de estas alteraciones.

Figura 5. *Aplicación del análisis PENN en CBCT para la evaluación transversal maxilomandibular*



Nota. La imagen muestra la medición transversal del maxilar y la mandíbula en un corte coronal de CBCT.
Fuente. Elaboración propia a partir de CBCT de paciente incluido en el estudio, 2025.

Este estudio se relaciona con la presente investigación porque respalda el uso del análisis PENN como herramienta diagnóstica para identificar y cuantificar la discrepancia transversal del maxilar, aspecto fundamental para establecer posteriormente el mecanismo de expansión más adecuado.

Profundizando en el componente dentoalveolar, el cual es de suma importancia para establecer un diagnóstico preciso y por ende un plan de tratamiento individualizado acorde a las necesidades de cada paciente, Miner et al, & Will, L. A. (2012). Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.*

El estudio evaluó las relaciones transversales maxilomandibulares mediante CBCT y estableció valores normativos para las dimensiones transversales y la inclinación molar. Sus resultados demostraron la utilidad del CBCT para identificar alteraciones esqueléticas y compensaciones dentoalveolares.

Figura 6. *Mediciones CBCT para las indicaciones de expansión maxilar según los análisis PENN y MINER.*



Nota. La imagen muestra la medición del ángulo axial molar y la anchura transversal maxilar y mandibular a nivel medioalveolar en CBCT. ***Fuente.*** Adaptado de Miner et al. (2012).

Tabla 2 *Mediciones de angulación molar para el análisis MINER en CBCT.*

Medición	Valor de referencia en adultos con oclusión normal	Interpretación
Primer molar superior derecho	**97.77° ± 2.70°**	Inclinación vestibular
Primer molar superior izquierdo	**98.29° ± 2.56°**	Inclinación vestibular
Primer molar inferior derecho	**104.22° ± 2.67°**	Inclinación lingual
Primer molar inferior izquierdo	**103.85° ± 2.47°**	Inclinación lingual

Nota. En esta medición, los valores positivos indican que la corona está inclinada hacia vestibular, mientras que los valores negativos indican inclinación hacia lingual.
Fuente Tomado de Lee et al. (2022).

Este estudio es importante para la presente investigación porque sustenta los valores de referencia utilizados en el análisis MINER, permitiendo interpretar la inclinación de los primeros molares y complementar los hallazgos del análisis PENN para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar.

En este mismo enfoque diagnóstico,Liu et al. (2023) desarrollaron el estudio titulado *"Influencia de las compensaciones dentales en el diagnóstico de discrepancias transversales ocultas mediante CBCT"*. La investigación analizó tomografías CBCT con el objetivo de evaluar la influencia de las compensaciones dentales en la detección de discrepancias transversales maxilares.

Los resultados evidenciaron que las compensaciones dentales pueden ocultar discrepancias esqueléticas transversales incluso en ausencia de mordida cruzada clínica, lo que demuestra la importancia de evaluar la inclinación dental en el diagnóstico ortodóncico.

Este estudio se relaciona con la presente investigación porque resalta la importancia de analizar las inclinaciones dentales y las características dentoalveolares, variables que en el presente estudio serán evaluadas mediante el análisis MINER para determinar la presencia de compensaciones y valorar los límites dentoalveolares ante la expansión.

La selección del mecanismo de expansión maxilar requiere una valoración diagnóstica integral que considere distintos componentes de la discrepancia transversal. En este sentido, Lazcano Azócar et al. (2023) desarrollaron el estudio titulado *"Concordancia diagnóstica entre análisis YTI y Penn en pacientes chilenos"*. La investigación analizó tomografías CBCT con el objetivo de evaluar la concordancia diagnóstica entre ambos métodos en una población chilena. Los resultados evidenciaron una baja concordancia diagnóstica entre ambos análisis (kappa = 0.368), lo que indica que los métodos no son completamente intercambiables.

Este estudio se relacionó con la presente investigación porque resaltó la importancia de interpretar los métodos diagnósticos considerando las características de cada población, especialmente al integrar criterios para la selección del tratamiento ortodóncico.

En relación con la evaluación de las compensaciones dentoalveolares asociadas a la discrepancia transversal, Albalawi et al. (2023) realizan un estudio transversal mediante CBCT con 88 pacientes, con el propósito de analizar la relación entre el ancho de las bases óseas y la inclinación molar. El estudio buscó determinar cómo las variaciones en la dimensión transversal maxilomandibular se relacionan con los cambios compensatorios en la posición de los molares.

Los autores encontraron diferencias significativas en la inclinación de los molares maxilares entre pacientes con maxilares de ancho normal y aquellos con estrechez transversal.

Asimismo, identifican una relación significativa entre la diferencia transversal de las bases óseas y la inclinación molar, evidenciando que las alteraciones esqueléticas transversales pueden acompañarse de compensaciones dentoalveolares.

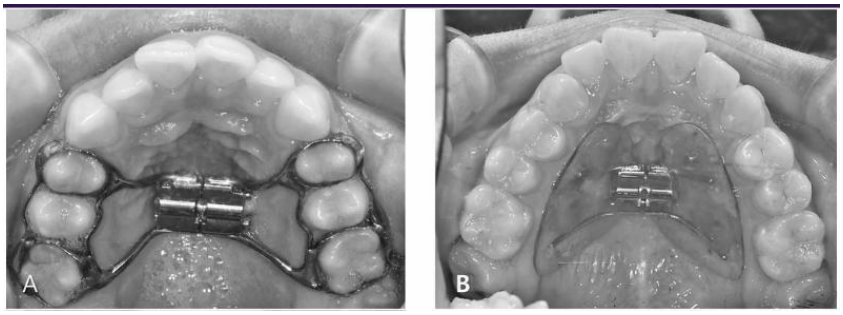
Este estudio es importante para la presente investigación porque sustenta la necesidad de evaluar conjuntamente el componente esquelético y dentoalveolar. En correspondencia con los objetivos planteados, PENN permite determinar la discrepancia transversal entre las bases maxilar y mandibular, mientras que MINER permite analizar la inclinación molar y las compensaciones dentoalveolares. Por tanto, los hallazgos de Albalawi et al. (2023) respaldan la integración de ambos análisis para obtener una valoración más completa y orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado.

En relación con la importancia del diagnóstico transversal para orientar la selección terapéutica, Watted, et al. (2024) publicaron el estudio *The Complexity of Skeletal Transverse Dimension: From Diagnosis, Management, and Treatment Strategies to the Application of Collaborative Cross (CC) Mouse Model*.

El estudio abordó la complejidad de las discrepancias transversales esqueléticas, su diagnóstico y las diferentes estrategias terapéuticas utilizadas para su corrección. Los autores destacaron la importancia de una valoración transversal integral para diferenciar las alteraciones esqueléticas y orientar la selección entre abordajes ortopédicos y quirúrgicos, señalando que la decisión terapéutica debe considerar la magnitud de la discrepancia y las características individuales del paciente.

Este estudio es relevante para la presente investigación porque respalda la necesidad de integrar diferentes parámetros diagnósticos antes de seleccionar el mecanismo de expansión maxilar. Sus planteamientos se relacionan directamente con el tercer objetivo específico, en el que los hallazgos de PENN y MINER se integran para orientar una expansión predominantemente esquelética o dentoalveolar según las características de cada paciente.

Figura 7. *Comparación entre expansor: A dentosoportado y B óseosoportado*



Nota. La imagen muestra el diseño de un expansor dentosoportado y un expansor óseosoportado.
Fuente. Adaptado de Lin et al. (2015).

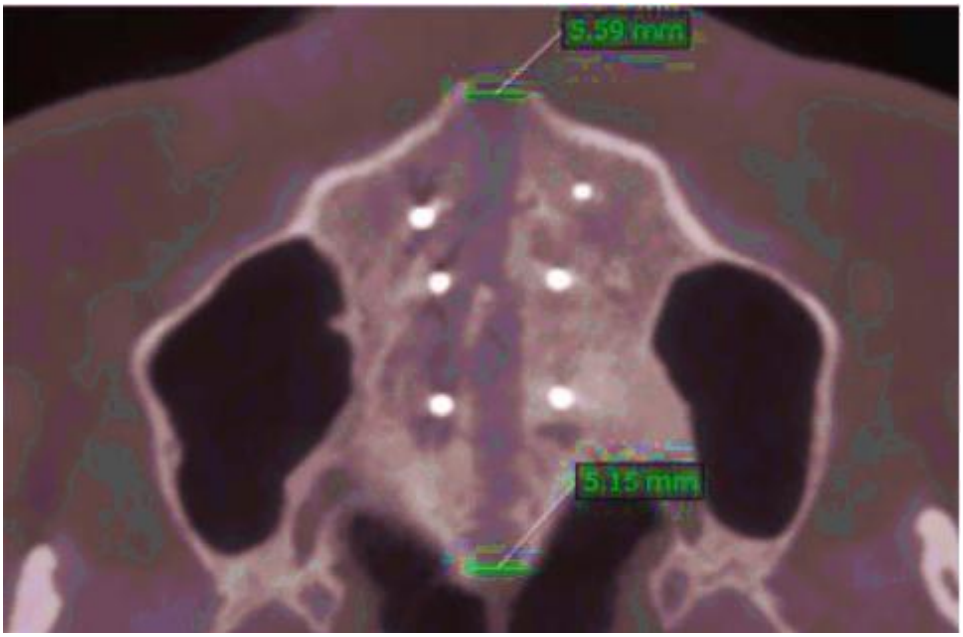
Este estudio se relaciona con la presente investigación porque respalda la utilidad del análisis Penn para evaluar las dimensiones transversales del maxilar, lo cual contribuye a la planificación del tratamiento de expansión maxilar.

Continuando con la valoración de la precisión de los análisis transversales mediante CBCT, Kong, et al. (2024) publicaron el estudio *Responsiveness of three measurements in cone-beam computed tomography transverse analyses during both tooth-supported and mini-screw-assisted rapid maxillary expansion*, en *The Angle Orthodontist, 94*(1), 39–50.

El estudio evaluó la capacidad de respuesta de tres métodos de análisis transversal mediante CBCT UPenn, Boston University y Yonsei University, frente a los cambios producidos por la expansión rápida maxilar dentosoportada y asistida con microtornillos. Los resultados mostraron que los tres métodos fueron sensibles a los cambios esqueléticos transversales; el análisis Yonsei presentó la mayor correlación con la apertura sutural, mientras que el análisis UPenn mostró la menor desviación absoluta.

Este estudio es relevante para la presente investigación porque respalda la utilidad del análisis PENN/UPenn para evaluar de forma objetiva los cambios transversales maxilares mediante CBCT. Sus hallazgos fortalecen el uso del análisis PENN como componente esquelético que, integrado con la evaluación dentoalveolar mediante MINER, contribuye a orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado.

Figura 8. *Expansión maxilar esquelética observada en CBCT.*



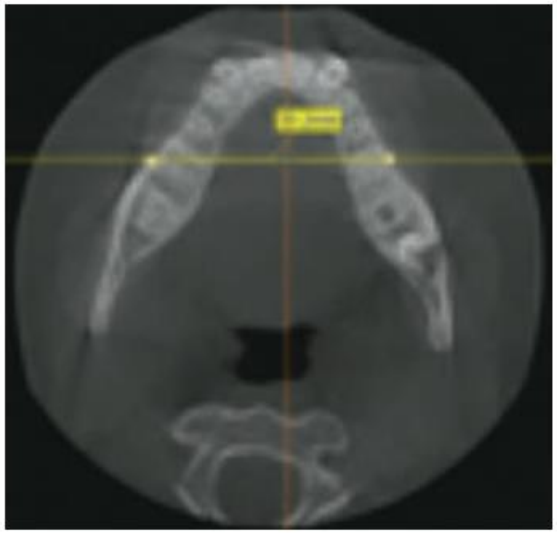
Nota. La imagen muestra la apertura de la sutura palatina media posterior a la expansión maxilar asistida con microtornillos, evidenciando un efecto predominantemente esquelético.
Fuente. Adaptado de Rossi et al. (2022).

En esta misma línea de evaluación diagnóstica y su relación con la conducta terapéutica**,** Moreno Terrazas et al. (2024) publicaron el estudio *Diagnóstico de colapso maxilar de acuerdo con el análisis de Penn y la decisión terapéutica*.

El estudio evaluó la presencia de colapso transversal maxilar mediante CBCT utilizando el análisis de Penn y revisó la conducta terapéutica planteada. Los autores identificaron una alta frecuencia de colapso maxilar y observaron que la presencia de esta alteración no siempre se relacionó con tratamientos dirigidos específicamente a corregirla.

Este trabajo es relevante para la presente investigación porque respalda la utilidad del análisis PENN para identificar discrepancias transversales maxilares y demuestra que el diagnóstico debe vincularse con la decisión terapéutica. Esto se relaciona directamente con el presente estudio, en el que los hallazgos de PENN se integran con MINER para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar.

Figura 9. *Medición transversal mandibular mediante análisis PENN en CBCT.*



Nota. La figura muestra la medición transversal de la mandíbula en corte axial mediante CBCT, utilizada como referencia para establecer la relación transversal maxilomandibular en el análisis PENN.
Fuente: Adaptado de Zhang et al. (2025)

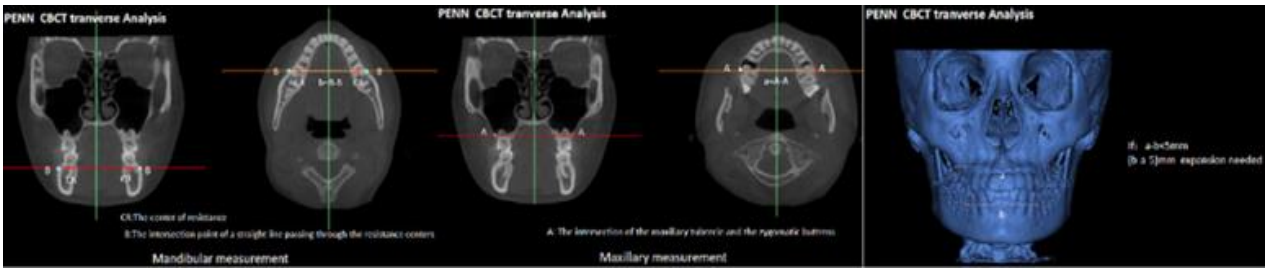
En cuanto a la influencia del patrón esquelético en la interpretación de las discrepancias transversales**,** Zhang et al. (2025) publicaron el estudio *Qualitative and quantitative agreement research on three diagnostic methods for maxillary transverse discrepancy*.

El estudio evaluó 360 pacientes clasificados en clases esqueléticas I, II y III y comparó tres métodos diagnósticos para discrepancia transversal maxilar: UPA/PENN, YTA y AEA. Los resultados mostraron que UPA y AEA tuvieron buena concordancia en las clases I y II, mientras que en clase III los tres métodos presentaron una concordancia diagnóstica más consistente. Los autores también señalaron que la discrepancia transversal maxilar fue más frecuente en los pacientes Clase III.

Este estudio es relevante para la presente investigación porque demuestra que la interpretación de la discrepancia transversal puede variar según el patrón esquelético y que el análisis PENN constituye una herramienta útil dentro de la evaluación tridimensional mediante

CBCT. Estos hallazgos respaldan la necesidad de integrar la información esquelética con otros parámetros diagnósticos antes de seleccionar el mecanismo de expansión maxilar.

Figura 10. *Análisis de la Universidad de Pennsylvania (UPA/PENN) para la evaluación transversal maxilomandibular.*



Nota. La figura muestra los puntos de referencia utilizados para medir las bases óseas maxilar y mandibular mediante CBCT en el análisis UPA/PENN.
Fuente: Adaptado de Zhang et al. (2025).

En relación con la influencia de la edad y la maduración esquelética sobre la respuesta a la expansión maxilar, Angelieri et al. (2013) desarrollaron un método de clasificación individual de la maduración de la sutura palatina media mediante CBCT. Los autores evaluaron diferentes estadios de maduración sutural y evidenciaron una considerable variabilidad entre individuos de edades cronológicas similares, demostrando que la edad por sí sola no permite determinar con precisión el grado de fusión de la sutura palatina media.

Los resultados mostraron que los estadios iniciales de maduración fueron más frecuentes en sujetos jóvenes, mientras que los estadios avanzados aparecieron con mayor frecuencia en adolescentes tardíos y adultos. Sin embargo, también se observaron diferencias individuales importantes, lo que llevó a los autores a recomendar una valoración específica de la maduración sutural antes de seleccionar procedimientos de expansión rápida del maxilar, especialmente en adolescentes tardíos y adultos jóvenes.

Este estudio resulta relevante para la presente investigación debido a que la población evaluada comprende pacientes adolescentes y adultos jóvenes, en quienes la edad cronológica puede no representar de manera exacta el estado de maduración esquelética. Por esta razón, la

edad fue considerada como una característica clínica complementaria y no como un criterio absoluto para determinar el mecanismo de expansión. La discrepancia transversal fue evaluada mediante PENN y las compensaciones dentoalveolares mediante MINER, reconociendo que la respuesta biológica a la expansión puede variar entre pacientes de edades similares.

En relación con la comparación de métodos diagnósticos transversales mediante CBCT, Chen et al. (2026) evalúan en 98 pacientes los análisis PENN, MINER, Yonsei y CWRU, con el propósito de determinar su reproducibilidad y concordancia en el diagnóstico de la deficiencia transversal maxilar.

Los autores encuentran que los cuatro métodos presentan una reproducibilidad aceptable, aunque Yonsei muestra la mayor consistencia global. Sin embargo, identifican diferencias en la clasificación diagnóstica entre los métodos y señalan que no son completamente intercambiables, debido a que utilizan distintos puntos anatómicos, referencias y criterios de evaluación (Chen et al., 2026).

Este estudio es importante para la presente investigación porque respalda la selección de PENN y MINER de acuerdo con los objetivos específicos planteados. PENN permite evaluar la discrepancia transversal esquelética entre las bases maxilar y mandibular, mientras que MINER permite analizar la inclinación molar y las compensaciones dentoalveolares. La integración de ambos métodos aporta una valoración complementaria de los componentes esquelético y dentoalveolar y proporciona el fundamento diagnóstico necesario para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado para cada paciente. Por tanto, su elección responde a la pertinencia de estos análisis para los objetivos del estudio y no a una supuesta superioridad frente a otros métodos.

En Nicaragua no se han identificado estudios científicos relacionados con el diagnóstico tridimensional de discrepancias transversales maxilares mediante CBCT utilizando los análisis PENN o MINER, por lo que se evidencia una ausencia de antecedentes nacionales sobre esta temática.

Esta situación resaltó la importancia de la presente investigación, la cual aportó evidencia científica sobre el diagnóstico tomográfico de la discrepancia transversal de los maxilares y la selección del mecanismo de expansión maxilar en el contexto clínico nicaragüense.

8.2 Marco conceptual

El presente marco conceptual tiene como propósito definir y explicar los conceptos teóricos fundamentales que sustentan la investigación sobre el diagnóstico tridimensional de las discrepancias transversales maxilares y la selección del mecanismo de expansión mediante la integración de los análisis PENN y MINER. La revisión de estos conceptos permite comprender la dimensión transversal del complejo maxilomandibular, y su naturaleza, las limitaciones del diagnóstico convencional bidimensional, el fundamento del diagnóstico mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), los principios y parámetros de los análisis PENN y MINER, así como los criterios para la selección individualizada del tipo de expansión maxilar. Los conceptos se presentan de manera ordenada, partiendo de los fundamentos del diagnóstico ortodóncico y la dimensión transversal, hasta llegar a la integración diagnóstica de los análisis PENN y MINER como base para la planificación terapéutica.

Dimensión transversal del complejo maxilomandibular

La dimensión transversal del complejo maxilomandibular corresponde a la relación de anchura entre el maxilar superior y la mandíbula. Una adecuada coordinación transversal entre ambas bases óseas es fundamental para establecer una relación oclusal estable y funcional (Lee et al., 2022).

Crecimiento craneofacial

Durante el crecimiento craneofacial, el maxilar superior experimenta un aumento transversal mediante procesos de remodelación ósea y expansión sutural, particularmente a nivel

de la sutura palatina media. Este crecimiento permite mantener la armonía entre el maxilar y la mandíbula durante el desarrollo (Enlow & Hans, 1996).

De acuerdo con Proffit et al. (2019), el diagnóstico ortodóncico moderno requiere una evaluación sistemática de las relaciones dentales y esqueléticas en los planos anteroposterior, vertical y transversal.

Plano sagital

El plano sagital evalúa las relaciones anteroposteriores entre el maxilar y la mandíbula, así como la posición de los dientes en sentido mesiodistal. En este plano se identifican las clases esqueletales y dentarias (Clase I, II y III (Proffit et al. (2019.

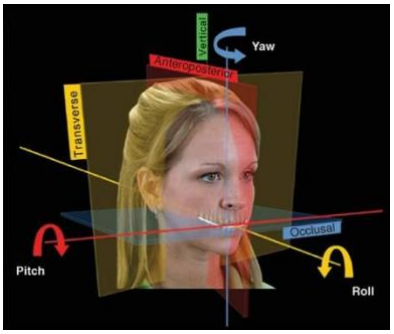
Plano vertical

El plano vertical corresponde a la evaluación de la dimensión superior-inferior del complejo craneofacial, incluyendo la altura facial, la sobremordida y el patrón de crecimiento facial. Permite identificar patrones hiperdivergentes, hipodivergentes y mesofaciales (Proffit et al., 2019).

Plano transversal

El plano transversal evalúa el ancho del maxilar y la mandíbula y las relaciones laterales entre ambas arcadas. En este plano pueden identificarse hipoplasias maxilares, mordidas cruzadas y discrepancias transversales de origen esquelético o dentoalveolar (Proffit et al., 2019).

Figura 11. *Planos del espacio y rotaciones en el diagnóstico ortodóncico tridimensional.*



Nota. La figura muestra los planos transversal, anteroposterior, vertical y oclusal, así como las rotaciones pitch, roll y yaw, las cuales deben evaluarse en el diagnóstico ortodóncico tridimensional.
Fuente. Tomado de Proffit et al. (2019).

Figura 12. *Dimensión transversal y mordida cruzada posterior bilateral.*



Nota. La imagen muestra una alteración transversal evidenciada por mordida cruzada posterior bilateral.
Fuente. Adaptado de Fan et al. (2024).

Importancia clínica de la dimensión transversal

Relación con la oclusión

La dimensión transversal influye en la interdigitación de las arcadas dentarias. Una deficiencia del ancho maxilar puede acompañarse de mordida cruzada posterior, desviaciones mandibulares funcionales y compensaciones dentoalveolares (Guerra González et al., 2018).

Estabilidad del tratamiento

La armonía entre las bases óseas y las estructuras dentarias interviene en la estabilidad del tratamiento ortodóncico. Las discrepancias transversales no corregidas pueden favorecer la recidiva postratamiento (Proffit et al., 2019).

Función masticatoria

Las discrepancias transversales pueden generar contactos oclusales inadecuados, interferencias funcionales y alteraciones en la coordinación muscular. Las compensaciones dentarias pueden enmascarar discrepancias esqueléticas subyacentes (Liu et al., 2023).

Limitaciones del diagnóstico convencional

Análisis de modelos

Los modelos de estudio permiten evaluar la forma y el ancho de las arcadas dentarias mediante mediciones directas, pero no permiten observar directamente la base ósea subyacente (Lalangui Matamoros et al., 2020).

Radiografía posteroanterior

La radiografía posteroanterior permite evaluar la simetría y el ancho de las estructuras maxilofaciales. Entre sus limitaciones se encuentran la superposición de estructuras, la magnificación y la dificultad para identificar determinados puntos anatómicos (Guerra González et al., 2018).

Figura 13. *Radiografía postero anterior en el diagnóstico transversal ortodóncico.*



Nota. *La imagen muestra la localización de puntos ortodóncicos en una radiografía postero anterior y su representación esquemática.*

Fuente. *Adaptado de Gürler et al. (2018).*

Evaluación bidimensional.

Los métodos bidimensionales representan estructuras tridimensionales en dos dimensiones, lo que puede limitar la valoración precisa del ancho maxilar y de las discrepancias transversales (Miner et al., 2012).

Hipoplasia transversal del maxilar

La hipoplasia del maxilar puede entenderse como una deficiencia en el desarrollo del maxilar superior, la cual puede presentarse en sentido transversal, anteroposterior o vertical, o como una combinación de estas dimensiones. En el caso de la hipoplasia transversal maxilar, se observa una disminución del ancho del maxilar en relación con la mandíbula (Betts & Scully, 2009). Lo cual genera una discrepancia en la dimensión transversal del complejo maxilomandibular.

Esta condición puede manifestarse a nivel esquelético, dentoalveolar o mixto, y representa una de las alteraciones más relevantes en el diagnóstico ortodóncico contemporáneo.

Según Miner et al. (2012), el análisis tridimensional mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ha permitido identificar con mayor precisión estas deficiencias, diferenciando entre alteraciones reales del esqueleto maxilar y compensaciones dentarias que pueden enmascarar el diagnóstico

Manifestaciones clínicas

Las manifestaciones clínicas de la hipoplasia transversal del maxilar incluyen la presencia de mordida cruzada posterior unilateral o bilateral, apiñamiento dental, arco maxilar estrecho y, en algunos casos, ausencia de mordida cruzada debido a compensaciones dentoalveolares. Liu et al. (2023) señalan que estas compensaciones pueden ocultar discrepancias esqueléticas reales, lo que dificulta el diagnóstico clínico si no se emplean herramientas tridimensionales

Figura 14. *Manifestaciones clínicas de la diferencia transversal del maxilar.*



Manifestaciones clínicas de la deficiencia transversal del maxilar

Nota. Hipoplasia del maxilar nótese mordida cruzada posterior bilateral.
Fuente: **“**Transverse maxillary deficiency: Treatment alternatives in face of early skeletal maturation”, por M. C. D. Andrucioli y M. A. N. Matsumoto, 2020, Dental Press Journal of Orthodontics.

Figura 15. *Hipoplasia transversal maxilar de origen del desarrollo*



Nota. Se observa una mordida abierta anterior, junto con una mordida cruzada posterior bilateral y un paladar alto y arqueado, característicos de un hábito parafuncional prolongado, como la succión digital.
Fuente. Betts et al. (1995). Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency

Influencia de la inclinación dental

La inclinación dental puede modificar la relación aparente entre las arcadas y enmascarar discrepancias esqueléticas transversales (Liu et al., 2023)

Fundamentos del diagnóstico ortodóncico.

Diagnóstico en ortodoncia moderna

El diagnóstico ortodóncico comprende la evaluación integral de las características esqueléticas, dentales, dentoalveolares y funcionales del paciente (Lalangui Matamoros et al., 2020; Proffit et al., 2019).

Diagnóstico integral

El diagnóstico integral implica la combinación de información clínica, radiográfica y de modelos de estudio (Lalangui Matamoros et al., 2020.

Diagnóstico tridimensional mediante CBCT

Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es una técnica de imagen tridimensional que genera un volumen anatómico a partir de múltiples proyecciones radiográficas y permite visualizar las estructuras en los planos axial, coronal y sagital (Venkatesh & Elluru, 2017)

Ventajas en ortodoncia

La CBCT permite realizar mediciones tridimensionales, observar estructuras óseas y dentarias y eliminar la superposición anatómica propia de algunas imágenes bidimensionales (Proffit et al., 2019).

Precisión diagnóstica

Feștilă et al. (2022) señalaron una mayor precisión de los métodos tridimensionales basados en CBCT frente a determinados métodos tradicionales para evaluar discrepancias transversales

Compensaciones dentoalveolares

Las compensaciones dentoalveolares corresponden a adaptaciones en la posición o inclinación de los dientes que buscan mantener una relación oclusal funcional frente a discrepancias entre las bases esqueléticas (Kim et al., 2014).

Adaptación dentaria

De acuerdo con Proffit et al. (2019), los dientes pueden inclinarse hacia vestibular o lingual para compensar discrepancias entre las bases óseas, lo que permite mantener contactos oclusales funcionales, aunque no necesariamente ideales desde el punto de vista estructural.

Análisis tridimensionales para la evaluación de discrepancias transversales

Estos métodos permiten evaluar la relación transversal entre el maxilar y la mandíbula mediante mediciones esqueléticas obtenidas directamente de imágenes CBCT (Kong et al., 2023).

Análisis PENN

El análisis PENN es un método diagnóstico tridimensional basado en CBCT que permite evaluar la relación transversal entre las bases óseas maxilar y mandibular mediante mediciones anatómicas estandarizadas. El método considera como referencia una diferencia aproximada de 5 mm a favor del maxilar, permitiendo identificar y cuantificar la presencia de una deficiencia transversal maxilar (Tamburrino et al., 2010).

Estudios comparativos han demostrado que el análisis PENN presenta mayor precisión diagnóstica que algunos índices tradicionales, como el índice de Pont, especialmente cuando se utilizan imágenes CBCT (Feștilă et al., 2022).

De acuerdo con MINER et al. (2012), este análisis surge como una alternativa a los métodos tradicionales, integrando tecnología CBCT para mejorar la exactitud de las mediciones.

Parámetros del análisis PENN

Ancho basal maxilar

El ancho basal maxilar corresponde a la dimensión transversal de la base ósea del maxilar medida mediante CBCT en puntos anatómicos esqueléticos estandarizados. Esta medición permite valorar la relación transversal del maxilar con la mandíbula e identificar posibles deficiencias transversales esqueléticas (Tamburrino et al., 2010).

Relación transversal

La relación transversal maxilomandibular corresponde a la comparación entre el ancho basal del maxilar y el ancho basal de la mandíbula. Esta relación permite identificar si existe armonía transversal entre ambas bases óseas o una discrepancia compatible con deficiencia transversal

maxilar; en el análisis PENN, la evaluación se realiza mediante CBCT y sirve como apoyo para la toma de decisiones terapéuticas (Tamburrino et al., 2010).

Análisis MINER

Definición y principios biomecánicos

El análisis MINER se define como un método diagnóstico basado en CBCT que evalúa la relación entre los dientes, el hueso alveolar y las estructuras circundantes, con el fin de determinar la viabilidad de los movimientos ortodóncicos. Este análisis permite identificar los límites anatómicos dentro de los cuales los dientes pueden ser desplazados de manera segura. De acuerdo con MINER et al. (2012).

Principios biomecánicos

Los principios biomecánicos del movimiento ortodóncico se fundamentan en la aplicación controlada de fuerzas sobre los dientes y en la respuesta de remodelación del hueso alveolar. Para preservar la salud periodontal, el movimiento dentario debe mantenerse dentro de los límites biológicos y anatómicos del tejido de soporte (Proffit et al., 2019).

Parámetros del análisis MINER

Inclinación molar

La inclinación molar corresponde a la angulación bucolingual de los primeros molares en relación con las estructuras óseas de soporte. Las variaciones en esta inclinación pueden representar compensaciones dentoalveolares asociadas a discrepancias transversales esqueléticas y, por tanto, constituyen un parámetro relevante en la evaluación tridimensional mediante CBCT (Zhang et al., 2023).

Relación diente-hueso

La relación diente–hueso alveolar corresponde a la posición de las raíces dentarias con respecto a las corticales óseas y al soporte alveolar disponible. Su evaluación permite determinar si el movimiento ortodóncico puede realizarse dentro de límites anatómicos seguros y reducir el riesgo de defectos periodontales como dehiscencias y fenestraciones (Coşkun & Kaya, 2019; Proffit et al., 2019)

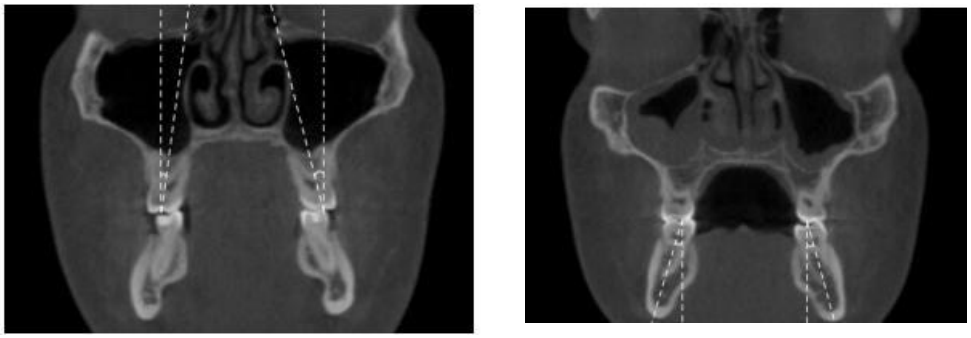
Espesor alveolar

Koo et al. (2017) señalan que la evaluación del espesor óseo en relación con los centros de resistencia permite una mejor comprensión de la biomecánica del movimiento ortodóncico.

A. Inclinación de los primeros molares superiores.

B. Inclinación de los primeros molares inferiores.

Figura 16. *Inclinación de los primeros molares superiores e inferiores en CBCT.*



Nota. La figura muestra la medición de la inclinación bucolingual de los primeros molares superiores e inferiores mediante cortes coronales de CBCT

Fuente. Adaptado de Lee et al. (2022).

Límites biológicos del movimiento ortodóncico

Riesgos clínicos

De acuerdo con MINER et al. (2012), la integración de la evaluación dentoalveolar en el diagnóstico mejora significativamente la toma de decisiones clínicas, especialmente en casos que requieren expansión maxilar.

Dentro de estas alteraciones a nivel óseo podemos encontrar las siguientes:

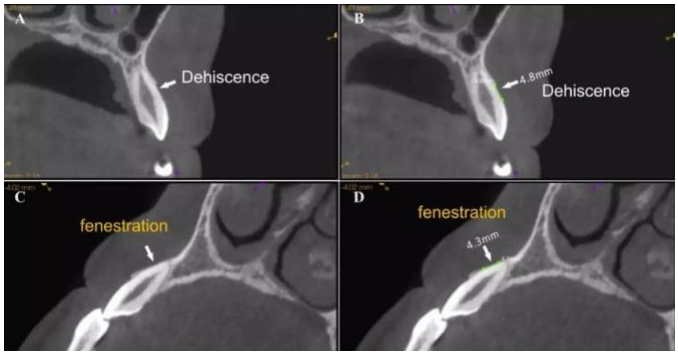
Dehiscencias

La dehiscencia alveolar es un defecto óseo caracterizado por la pérdida de la cortical alveolar con compromiso de la cresta ósea, lo que deja expuesta una porción de la superficie radicular. Puede asociarse a movimientos dentarios que exceden los límites anatómicos del hueso alveolar y representa un factor de riesgo para la salud periodontal (Proffit et al., 2019).

Fenestración

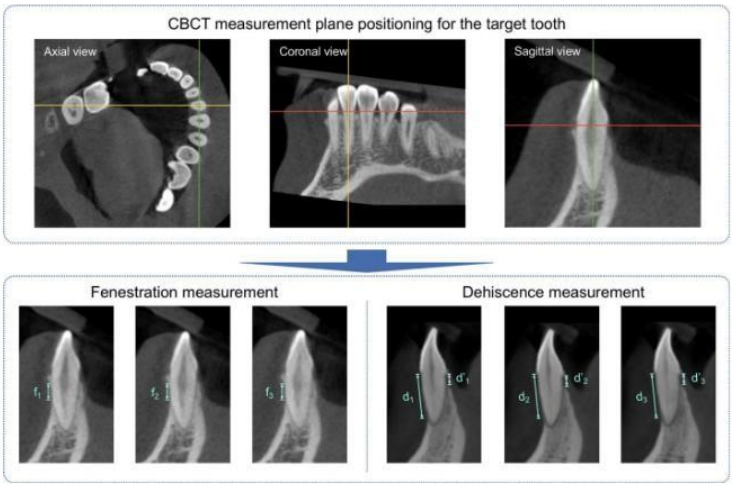
La fenestración alveolar es un defecto óseo localizado en el que una porción de la superficie radicular queda expuesta por ausencia de hueso cortical, pero sin comprometer la cresta alveolar. Su presencia puede relacionarse con la posición e inclinación dentaria y con las características del soporte óseo, por lo que su evaluación mediante CBCT es relevante antes de realizar movimientos ortodóncicos que puedan exceder los límites alveolares (Coşkun & Kaya, 201

Figura 17. *Dehiscencia y fenestración alveolar observadas en CBCT.*



Nota. La imagen muestra defectos óseos alveolares identificados en CBCT. Las imágenes A y B evidencian una dehiscencia de 4.8 mm, mientras que las imágenes C y D muestran una fenestración de 4.3 mm.
Fuente. Tomado de Sun et al. (2015).

Figura 18. *Evaluación de dehiscencia y fenestración alveolar mediante CBCT.*



Nota. *La imagen muestra la localización del plano de medición en CBCT y la evaluación de defectos óseos alveolares. La dehiscencia corresponde a la pérdida de hueso alveolar que compromete la cresta ósea, mientras que la fenestración se observa como un defecto localizado que no involucra la cresta alveolar.*
Fuente. *Adaptado de Song et al. (2025).*

Figura 19. *Manifestaciones clínicas e imagenológicas de fenestraciones y dehiscencia alveolares.*



Nota. La imagen muestra la evaluación clínica, tomográfica y quirúrgica de defectos óseos alveolares.
Fuente. Adaptado de Jing et al. (2021). Una aclaración importante: en esa imagen, las etiquetas **Class I, Class II, Class III y Class IV** no se refieren a maloclusión esquelética, sino a la **posición sagital de la raíz** dentro del hueso alveolar.

Integración diagnóstica (PENN + MINER)

La integración de los análisis PENN y MINER mediante CBCT permite valorar de manera conjunta el componente esquelético transversal y las compensaciones dentoalveolares, aportando criterios diagnósticos complementarios para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar (MINER et al., 2012).

Interpretación conjunta

La evaluación conjunta del componente esquelético y dentoalveolar permite diferenciar la naturaleza de la discrepancia transversal y orientar la selección del mecanismo de expansión. Cuando predomina una deficiencia esquelética, la corrección debe dirigirse principalmente a la base ósea; mientras que, si la alteración es dentoalveolar y las condiciones biológicas lo permiten, puede considerarse una expansión dentoalveolar (Betts et al., 1995).

Expansión maxilar

La expansión maxilar consiste en incrementar el ancho transversal del maxilar superior con el propósito de restablecer una relación adecuada con la mandíbula y corregir alteraciones transversales de origen esquelético o dentoalveolar (Proffit et al., 2019).

Expansión maxilar guiada por CBCT

El uso de CBCT ha permitido desarrollar protocolos de expansión maxilar más precisos y personalizados, ya que facilita la evaluación tridimensional de las características anatómicas del paladar y de las estructuras dentoalveolares antes del tratamiento, contribuyendo a individualizar la planificación de la expansión maxilar (Xue et al., 2026).

Criterios diagnósticos

Edad

La edad y, especialmente, el grado de maduración de la sutura palatina media deben considerarse al seleccionar el mecanismo de expansión maxilar (Angelieri et al., 2016).

Condición ósea

La condición ósea corresponde a la valoración de las dimensiones transversales de las bases maxilar y mandibular mediante CBCT, con el fin de identificar deficiencias estructurales del maxilar que puedan influir en la selección del mecanismo de expansión (MINER et al., 2012).

Inclinación dental

La inclinación dental corresponde a la angulación de los dientes respecto a sus bases óseas y puede reflejar compensaciones dentoalveolares asociadas a discrepancias transversales, por lo que constituye un criterio relevante para la selección del mecanismo de expansión (Zhang et al., 2023).

Tipos de expansión maxilar

Expansión esquelética

La expansión esquelética es un procedimiento ortopédico destinado para aumentar la dimensión transversal de la base ósea del maxilar mediante la apertura de la sutura palatina media, produciendo una modificación real del ancho maxilar. Está indicada principalmente cuando existe una deficiencia transversal esquelética del maxilar (Proffit et al., 2019).

Expansión dentoalveolar

La expansión dentoalveolar consiste en aumentar la dimensión transversal de la arcada principalmente mediante movimientos e inclinaciones dentarias dentro del hueso alveolar, sin producir una modificación significativa de la base ósea maxilar. (Proffit et al., 2019).

Expansión asistida (MARPE/SARPE)

La expansión asistida comprende procedimientos destinados a lograr expansión transversal esquelética en pacientes con mayor maduración, utilizando apoyo con microtornillos (MARPE) o asistencia quirúrgica (SARPE) para vencer la resistencia de la sutura palatina media y favorecer una apertura más predecible de la base maxilar (Proffit et al., 2019).

Planificación individualizada

La planificación individualizada consiste en seleccionar el tratamiento según el tipo y magnitud de la discrepancia transversal y las características clínicas del paciente (Betts et al., 1995).

Seguridad biológica

La seguridad biológica consiste en realizar los movimientos ortodóncicos dentro de los límites fisiológicos y anatómicos de los tejidos de soporte, con el fin de preservar la salud periodontal y reducir el riesgo de efectos adversos como dehiscencias, fenestraciones y recesión gingival (Proffit et al., 2019).

Estabilidad del tratamiento.

La estabilidad del tratamiento consiste en mantener en el tiempo los resultados obtenidos después de la corrección ortodóncica (Proffit et al., 2019).

9. Marco metodológico

La investigación se sustentó en una epistemología positivista, dado que orientó la generación del conocimiento hacia la objetividad, la medición precisa y la verificación empírica de los fenómenos observados en las imágenes CBCT. Este fundamento epistemológico es coherente con la necesidad de establecer relaciones diagnósticas entre los análisis PENN y MINER mediante el estudio de variables morfológicas cuantificables. El enfoque adoptado fue cuantitativo, ya que se apoyó en la recolección y análisis de datos numéricos derivados de mediciones tridimensionales del maxilar superior e inferior, con el propósito de identificar patrones, evaluar discrepancias esqueléticas y determinar si la expansión maxilar debe realizarse a nivel esqueletal o dentoalveolar.

El método correspondió a un estudio observacional, documental y transversal, debido a que se fundamentó en el análisis de tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) previamente archivadas, sin intervención ni manipulación de las variables por parte del investigador. La investigación se orientó a evaluar las condiciones morfológicas de la base ósea maxilar mediante el análisis PENN y las condiciones dentoalveolares mediante el análisis MINER, con el propósito de integrar ambos hallazgos diagnósticos para contribuir a la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado. Asimismo, el estudio fue transversal porque la información se obtuvo en un único momento de observación, sin realizar seguimiento clínico o longitudinal de los pacientes.

La recolección de información se realizó mediante análisis documental de tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT), aplicando dos instrumentos diagnósticos estructurados: El análisis PENN, enfocado en identificar discrepancias esqueléticas transversales del maxilar superior y el análisis MINER, orientado a evaluar límites alveolares y tolerancia biológica al torque, Ambos análisis permitieron caracterizar de forma objetiva el estado óseo y alveolar de pacientes sin tratamiento ortodóncico previo. Para garantizar uniformidad y validez en el registro de datos, se utilizó una ficha técnica estandarizada, diseñada para sistematizar cada medición y criterio diagnóstico. Este instrumento aseguró la uniformidad en la recolección de los datos obtenidos mediante los análisis PENN y MINER, permitiendo la integración y análisis de la información diagnóstica relacionada con las condiciones morfológicas y dentoalveolares del maxilar. De esta

manera, facilitó la valoración objetiva de los criterios que contribuyen a la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado según las características anatómicas y biológicas del paciente.

9.1 Tipo de investigación

Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2018), la clasificación de una investigación se fundamenta en cinco criterios esenciales: El enfoque, la profundidad, la aplicabilidad, la temporalidad y el diseño. Estos criterios permiten situar un estudio dentro de un marco metodológico preciso, asegurando la coherencia entre los objetivos planteados, las técnicas de recolección de datos y el tipo de análisis requerido. En el caso de investigaciones cuantitativas en ciencias de la salud, como aquellas basadas en mediciones radiológicas tridimensionales, esta clasificación resulta indispensable para garantizar que el procedimiento científico sea replicable, verificable y sustentado en evidencia empírica rigurosa.

Enfoque: Cuantitativo

Este estudio se clasificó con un enfoque cuantitativo porque se fundamentó en la medición numérica de variables anatómicas observadas en tomografías CBCT. A través de la aplicación de los análisis PENN y MINER se obtuvieron datos objetivos y cuantificables que permiten describir y analizar las condiciones morfológicas y biológicas presentes en cada caso.

Además, el enfoque cuantitativo fue coherente con la necesidad de evaluar objetivamente la viabilidad biológica de una expansión maxilar esqueletal o dentoalveolar, dado que la decisión clínica depende de valores cuantificables como distancias óseas, inclinación dental y discrepancias esqueléticas. Esta orientación metodológica garantiza precisión y reproducibilidad en los análisis.

El estudio se fundamentó en la medición numérica de variables anatómicas obtenidas de tomografías CBCT. Los análisis PENN y MINER generaron valores expresados en milímetros y grados, lo que permite un análisis estadístico objetivo para establecer criterios de selección terapéutica.

Profundidad: Descriptivo

La investigación presentó un alcance descriptivo, e integrador, ya que se orientó a evaluar las características morfológicas de la base ósea maxilar mediante el análisis PENN y las condiciones dentoalveolares a través del análisis MINER ,a partir de imágenes obtenidas mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), se recopilaron y analizaron variables anatómicas objetivas relacionadas con la dimensión transversal del maxilar y la inclinación dentaria que influyen en la planificación ortodóncica. Esta valoración tridimensional permitió caracterizar de manera precisa las estructuras esqueléticas y dentoalveolares involucradas, proporcionando una visión integral de las condiciones anatómicas presentes en cada paciente.

Asimismo, el estudio integró los hallazgos obtenidos mediante ambos análisis diagnósticos con el propósito de generar criterios clínicos que contribuyan a la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado según las características individuales de cada caso. De esta manera, la investigación trasciende la simple descripción o asociación de variables, ya que buscó establecer una base diagnóstica objetiva que permita predecir si el abordaje terapéutico más conveniente corresponde a una expansión esquelética o dentoalveolar. Esta integración diagnóstica fortalece la toma de decisiones clínicas dentro de un enfoque basado en evidencia, favoreciendo tratamientos más precisos, individualizados y biológicamente sustentados.

Aplicabilidad: Aplicada

La presente investigación se clasificó como aplicada porque se orientó a dar respuesta a un problema clínico específico de la práctica ortodóncica: la selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado a partir de la evaluación de las condiciones esqueléticas y dentoalveolares mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Su finalidad no se limita a la generación de conocimiento teórico, sino que buscó aportar criterios diagnósticos objetivos que contribuyan a la toma de decisiones clínicas relacionadas con el tratamiento de pacientes con discrepancia transversal del maxilar.

Asimismo, los hallazgos obtenidos poseen una aplicación directa en la planificación terapéutica, ya que la integración de los análisis PENN y MINER permite valorar de manera

conjunta las características anatómicas y biológicas del paciente. Esta información favorece la selección de tratamientos más precisos e individualizados, optimizando la seguridad biológica, minimizando posibles riesgos asociados al movimiento dentario y fortaleciendo la práctica ortodóncica basada en evidencia científica.

Temporalidad: Transversal

La investigación fue transversal porque recolectó y analizó datos en un único momento temporal, utilizando tomografías CBCT previamente archivadas. No se estudió la evolución del paciente a lo largo del tiempo, sino que se interpretó el estado anatómico presente para determinar la viabilidad de un tipo específico de expansión.

Este tipo de temporalidad es apropiado cuando se trabaja con bases radiológicas ya existentes, pues permite obtener conclusiones diagnósticas inmediatas sin necesidad de seguimiento longitudinal. Esto hace que el análisis sea eficiente y adecuado para estudios descriptivos y correlacionales basados en imágenes.

Diseño: Documental

El diseño del estudio fue documental, ya que la información se obtuvo exclusivamente a partir de registros radiológicos archivados (CBCT) y no implicó intervención directa con pacientes. El análisis se basó en documentos digitales (archivos DICOM) que sirven como fuente primaria para la recolección de datos.

Este diseño es adecuado para investigaciones que requieren mediciones objetivas sin exponer a pacientes a nuevas radiaciones. La naturaleza documental permite trabajar con material clínico existente y garantiza condiciones éticas óptimas al no involucrar procedimientos invasivos ni contacto directo con individuos.

Hipótesis de investigación

La integración de los análisis PENN y MINNER en CBCT permite identificar de manera significativa las condiciones morfológicas del maxilar superior e inferior que determinan si la expansión debe realizarse a nivel esqueletal o dentoalveolar en pacientes sin tratamiento ortodóntico previo.

Hipótesis nula (H_o)

La integración de los análisis PENN y MINER en CBCT no permite clasificar significativamente las condiciones morfológicas del maxilar superior e inferior que determinan si la expansión debe realizarse a nivel esqueletal o dentoalveolar en pacientes sin tratamiento ortodóncico previo.

Hipótesis alternativa (H_1)

La integración de los análisis PENN y MINER en CBCT sí permite identificar de forma significativa las condiciones morfológicas del maxilar superior que determinan el tipo de expansión maxilar indicado (esqueletal o dentoalveolar) en pacientes sin tratamiento ortodóncico previo.

9.2 Definición operativa de las variables

Objetivo Específico 1

Identificar la magnitud transversal del maxilar mediante el análisis de las dimensiones esqueléticas utilizando el método PENN en CBCT.

Tabla 3 *Matriz de operación del objetivo específico 1*

Variable conceptual	Subvariable / Dimensión	Variable operativa / Indicador	Ítems	Tipo de variable
Hipoplasia transversal del maxilar y mandíbula	Dimensión esquelética transversal	Medición del ancho transversal maxilar en milímetros según análisis PENN en CBCT		Cuantitativa continua
Discrepancia transversal maxilar y mandíbula	Presencia de deficiencia ósea	Clasificación diagnóstica según puntos de corte del análisis PENN (con hipoplasia / sin hipoplasia)		Cualitativa dicotómica

Nota. La tabla muestra la operacionalización de la discrepancia transversal maxilar mediante el análisis PENN, a partir de mediciones esqueléticas obtenidas en CBCT.
Fuente: Elaboración propia.

Objetivo Específico 2

Analizar la inclinación dental y su relación con las bases óseas a través del análisis MINER para evaluar los limites dentoalveolares ante la expansión.

Tabla 4 *Matriz de operacionalización del objetivo específico 2*

Variable conceptual	Subvariable / Dimensión	Variable operativa / Indicador	Ítems	Tipo de variable
Inclinación dental posterior	Angulación molar transversal derecha en maxilar y mandíbula	Medición del ángulo de inclinación molar según análisis MINER (mm) en CBCT		Cuantitativa continua
	Angulación molar transversal Izquierda en maxilar y mandibula	Medición del ángulo de inclinación molar según análisis MINER (mm) en CBCT		Cuantitativa continua

Nota. La tabla presenta la operacionalización de la inclinación dental mediante el análisis MINER, utilizando la angulación de los primeros molares superiores e inferiores en CBCT.
Fuente: Elaboración propia

Objetivo Específico 3

Integrar los hallazgos obtenidos de los análisis PENN y MINER para establecer el mecanismo de expansión maxilar más sugerido en cada paciente.

Tabla 5 *Matriz de operacionalización del objetivo específico 3*

Variable conceptual	Subvariable / Dimensión	Variable operativa / Indicador	Ítems	Tipo de variable
Integración diagnóstica MINER–PENN	Criterios diagnósticos para la selección terapéutica	Evaluación conjunta de los parámetros esqueléticos (PENN) y dentoalveolares (MINER) para seleccionar el mecanismo de expansión maxilar		Cuantitativa continua
Necesidad terapéutica	Requerimiento clínico de expansión	Identificación de la indicación clínica de expansión maxilar según los resultados integrados de los análisis		Cualitativa nominal
Selección del mecanismo de expansión	Tipo de expansión maxilar	Clasificación del tipo de expansión indicada: expansión dentoalveolar o expansión Esquelética		Cualitativa dicotómica

Nota. La tabla describe la integración de los resultados PENN y MINER para orientar la selección del mecanismo de expansión maxilar en cada paciente.
Fuente: Elaboración propia.

9.3 Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron en el estudio las tomografías CBCT de pacientes que cumplieron con las siguientes condiciones:

Pacientes sin tratamiento ortodóncico previo, para evitar cambios dentoalveolares inducidos que puedan alterar los valores de los análisis MINER y PENN.

Tomografías CBCT con calidad diagnóstica adecuada, con campos de visión que incluyan maxilar superior, mandíbula y estructuras asociadas necesarias para ambos análisis.

Pacientes con dentición mixta y permanente en zona posterior (al menos primeros molares y premolares presentes), condición indispensable para ubicar puntos anatómicos de referencia de ambos análisis.

Edades entre 12 y 25 años, rango seleccionado por incluir adolescentes y adultos jóvenes en quienes puede existir variabilidad individual en la maduración de la sutura palatina media. La edad cronológica fue considerada como criterio de delimitación de la población, pero no como indicador absoluto del grado de maduración esquelética ni como criterio único para seleccionar el mecanismo de expansión

CBCT tomadas entre 2024–2025 en el centro radiológico seleccionado, para garantizar uniformidad técnica en la captura de imágenes.

Pacientes sin antecedentes de cirugía ortognática o procedimientos quirúrgicos previos en maxilar y mandíbula, ya que esto altera la morfología ósea transversal.

Se excluyeron las CBCT que presenten alguna de las siguientes características:

Imágenes con artefactos severos, distorsiones metálicas, mala posición del paciente o baja resolución que impida identificar correctamente puntos anatómicos.

Pacientes con dentición mixta, y permanente con ausencia de primeros molares permanentes o pérdida dental importante en el maxilar o mandíbula, ya que imposibilita la correcta aplicación de los análisis MINER y PENN.

Presencia de patologías maxilofaciales (quistes, tumores, lesiones óseas, secuelas de trauma) que alteren la anatomía transversal del maxilar o la mandíbula.

Pacientes con fisuras labiopalatinas u otros síndromes craneofaciales, debido a que presentan patrones transversales atípicos que no permiten comparaciones normativas.

Tomografías tomadas con protocolos técnicos heterogéneos (diferentes FOV, voxel size o software incompatible), impidiendo la estandarización del análisis.

Uso previo de expansores, disyuntores o fuerzas ortopédicas en el maxilar, porque modifican la base ósea transversal y alteran la evaluación de torque.

9.4Población y muestra

La población del estudio estuvo compuesta por pacientes que cuentan con CBCT archivadas en el centro radiológicos que no han recibido tratamiento ortodóncico previo. La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, incluyendo únicamente aquellas tomografías que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos para asegurar la validez del análisis. La unidad de análisis fue cada imagen CBCT individual en la cual se aplicarón los análisis MINER y PENN para detectar discrepancias esqueléticas transversales

9.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para este estudio, la recolección de datos se realizó mediante una técnica documental y observacional, basada en el análisis sistemático de tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) previamente archivadas en el centro radiológico. Dado que el objetivo de la investigación fue seleccionar el mecanismo de expansión maxilar más adecuado para la corrección de la discrepancia transversal del maxilar mediante la aplicación de los análisis PENN y MINER, se

requirió un instrumento que permita registrar de forma precisa, ordenada y estandarizada cada una de las mediciones obtenidas de estas imágenes.

En este contexto, se elaboró una ficha técnica diseñada específicamente para consignar las variables del estudio derivadas de la operacionalización planteada, tales como las dimensiones esqueléticas transversales del maxilar y la mandíbula evaluadas mediante el análisis PENN, la inclinación dental y las características dentoalveolares analizadas mediante el método MINER, así como los indicadores necesarios para identificar la magnitud de la hipoplasia transversal y las condiciones dentoalveolares que influyen en la planificación de la expansión maxilar.

La ficha técnica fue estructurada con el propósito de facilitar el registro sistemático de la información y permitir la integración de los resultados obtenidos a partir de ambos análisis diagnósticos. Este instrumento incluyó espacios para consignar datos como código del paciente, mediciones del ancho transversal maxilar y mandibular, angulación molar del lado derecho e izquierdo del maxilar y mandíbula y otros parámetros relevantes derivados de los análisis PENN y MINER, los cuales constituyeron criterios diagnósticos para la selección terapéutica del mecanismo de expansión maxilar.

El uso de un instrumento estandarizado permitió garantizar la objetividad, consistencia y reproducibilidad de las mediciones, aspectos fundamentales en estudios basados en CBCT donde la precisión diagnóstica depende de la correcta sistematización de los datos. De esta manera, la ficha técnica se establece como el instrumento más adecuado para registrar la información necesaria y asegurar el cumplimiento metodológico de los objetivos de la investigación.

9.6 Validez y confiabilidad de los instrumentos

La validez del instrumento utilizado en este estudio se garantizó mediante el proceso de revisión y juicio de expertos, realizado por profesionales con experiencia en ortodoncia, diagnóstico por imagen y metodología de la investigación. Estos especialistas evaluaron la pertinencia, claridad y suficiencia de cada indicador incluido en la ficha técnica, asegurándose de que representaran de manera fiel las variables que se pretendían medir según los análisis PENN y MINER. Gracias a esta revisión exhaustiva, el instrumento adquirió validez de contenido, pues se

confirmó que cada elemento consignado respondía directamente a los objetivos y fundamentos teóricos del estudio, reduciendo el riesgo de sesgos o interpretaciones erróneas al momento del registro de datos.

Por su parte, la confiabilidad del instrumento se respaldó mediante la realización de un pilotaje, aplicado a una pequeña muestra de tomografías CBCT antes de iniciar la recolección definitiva. Este proceso permitió verificar la estabilidad, precisión y repetibilidad de las mediciones realizadas con la ficha técnica.

A través del pilotaje, se identificaron posibles inconsistencias, dificultades de registro o diferencias en la interpretación entre evaluadores, lo que posibilitó realizar ajustes necesarios para mejorar la estandarización del instrumento. Con ello, se procuró asegurar que las mediciones obtenidas durante el estudio sean consistentes y reproducibles, otorgando un nivel adecuado de confiabilidad metodológica al proceso de recolección de datos.

9.7 Procedimientos para el procesamiento y análisis de información

El procesamiento de los datos inició con la recolección de la información mediante la ficha técnica, en la cual se registraron de forma sistemática las mediciones obtenidas de cada tomografía CBCT aplicando los análisis PENN y MINNER. Una vez completadas todas las fichas, los datos se trasladaron a una base de datos creada en el software estadístico SPSS, donde cada variable fue ingresada con su respectivo nombre, definición y nivel de medición. Posteriormente, se procedió a la codificación de las variables, asignando valores numéricos o categóricos según corresponda, con el fin de facilitar su organización y análisis dentro del programa. Este paso es fundamental para garantizar la consistencia en el manejo de la información y evitar errores durante los análisis posteriores.

Luego de codificar las variables, se realizó un proceso de depuración de la base de datos, revisando que no existan duplicados, valores atípicos o datos incompletos que puedan afectar la interpretación de los resultados, una vez depurada la información, se inició el análisis estadístico.

Análisis estadístico: El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante el programa IBM SPSS Statistics, versión 21. De acuerdo con el enfoque cuantitativo y el alcance descriptivo del estudio, se aplicó estadística descriptiva para resumir y caracterizar las variables obtenidas a partir de los análisis PENN y MINER. Las variables cuantitativas continuas, entre ellas edad, ancho basal maxilar, ancho basal mandibular, diferencia transversal, discrepancia transversal y ángulos de inclinación molar, se expresaron mediante media, desviación estándar, valores mínimo y máximo. Estos estadísticos permitieron identificar la tendencia central y el grado de variabilidad de las mediciones registradas en la muestra.

Las variables cualitativas o categóricas, como sexo, presencia de hipoplasia maxilar, clasificación transversal según PENN, patrones de inclinación dentoalveolar según MINER y tipo de expansión indicada, se analizaron mediante frecuencias absolutas y porcentajes. Este procedimiento permitió establecer la distribución de los pacientes según las categorías diagnósticas definidas para cada análisis. La estadística descriptiva resulta pertinente cuando se pretende organizar, resumir e interpretar las características observadas en una población o muestra, en correspondencia con los objetivos de una investigación cuantitativa (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Posteriormente, para responder al objetivo de integrar los hallazgos obtenidos mediante PENN y MINER, se realizaron tablas de contingencia o tablas cruzadas, mediante las cuales se examinó la distribución conjunta entre la clasificación transversal esquelética, las compensaciones dentoalveolares y el mecanismo de expansión maxilar sugerido. Este análisis permitió identificar patrones de correspondencia entre las características esqueléticas y dentoalveolares de cada paciente y la orientación hacia expansión esquelética o dentoalveolar. Debido a que el estudio se fundamenta principalmente en un análisis descriptivo, los resultados se interpretaron mediante frecuencias, porcentajes y patrones de distribución, sin atribuir significancia estadística a las relaciones observadas cuando no se aplicaron pruebas inferenciales.

9.8 Consideraciones éticas

En esta investigación, las consideraciones éticas relacionadas con el uso del instrumento de recolección de datos se centraron en garantizar la confidencialidad, anonimato y protección de la información contenida en la ficha técnica. Cada registro obtenido de las CBCT se codificó mediante un identificador alfanumérico, eliminando cualquier dato personal como nombre, número de expediente o cualquier otro elemento que pueda revelar la identidad del paciente.

La ficha técnica únicamente recogió información diagnóstica, morfológica y métrica necesaria para cumplir los objetivos del estudio, sin incluir variables sensibles ni información clínica ajena a la evaluación transversal del maxilar. Esta forma de manejo de datos aseguró el respeto a la privacidad del paciente y cumple con los principios éticos que rigen la investigación documental en salud.

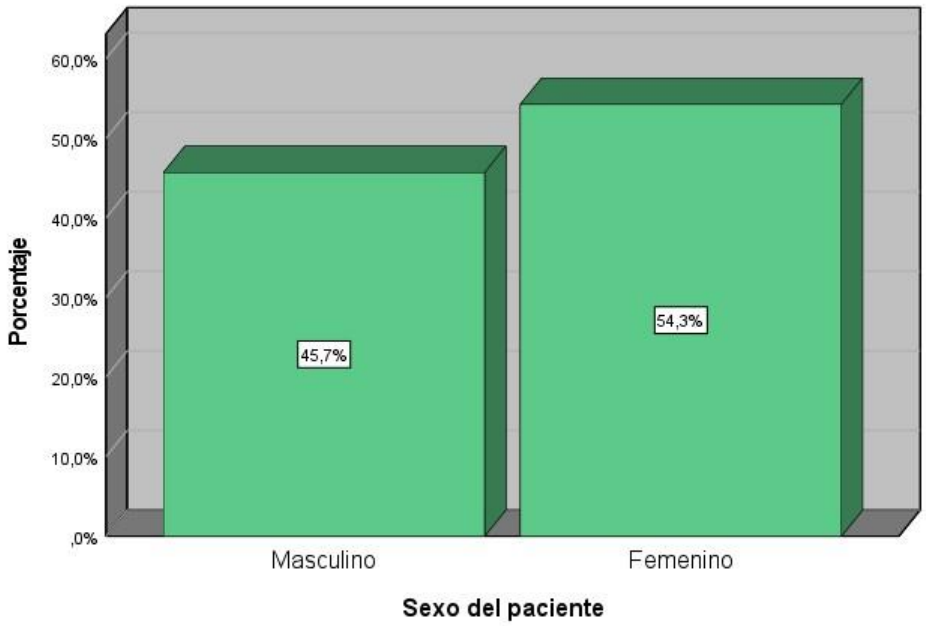
Dado que el estudio utilizó exclusivamente imágenes CBCT archivadas como parte de procesos clínicos previamente realizados y no implica contacto directo con pacientes ni intervenciones adicionales, no se requirió la aplicación del consentimiento libre e informado. Sin embargo, se mantuvo un estricto cumplimiento de las normas éticas basadas en la protección de datos y en el uso responsable de información clínica. Los archivos radiológicos se manipularon únicamente con fines investigativos, bajo resguardo seguro y acceso restringido al equipo investigador.

Además, la ficha técnica se empleó únicamente para registrar información indispensable para el análisis morfométrico, evitando cualquier uso inapropiado o divulgación del material clínico. Con ello, se garantizó que el estudio se desarrollara dentro de los parámetros éticos aceptados para investigaciones retrospectivas y documentales.

10. Resultados y discusión

La información se recolectó mediante una ficha técnica diseñada para registrar de forma estandarizada las mediciones obtenidas en las tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT), aplicando los análisis PENN y MINER. Posteriormente, los datos fueron digitados en una base de datos elaborada en el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 21.

Figura 20. *Distribución de los pacientes según sexo.*



Nota. La figura muestra la distribución porcentual de la muestra según sexo, con predominio del sexo femenino (54,3 %) respecto al masculino (45,7 %).
Fuente: Elaboración propia.

La distribución de la muestra evidenció un ligero predominio del sexo femenino (54,3 %) sobre el masculino (45,7 %). Este hallazgo coincide con lo reportado por Moreno Terrazas et al. (2024), quienes identificaron una mayor representación de mujeres en la población evaluada mediante el análisis PENN, atribuyendo este comportamiento a la mayor demanda de atención ortodóncica por parte del sexo femenino. Asimismo, Lazcano Azócar et al. (2023) incluyeron una muestra con predominio femenino, sin encontrar que el sexo modificara la utilidad diagnóstica del análisis tomográfico.

De igual manera, Ayala Arias (2020) y Kong et al. (2024) trabajaron con poblaciones de ambos sexos para evaluar métodos diagnósticos tridimensionales, destacando que la confiabilidad del análisis PENN depende de las características anatómicas y de las mediciones obtenidas mediante CBCT, más que de la distribución por sexo de los participantes. En este sentido, la ligera diferencia observada en la presente investigación no representa un factor que limite la interpretación de los análisis PENN y MINER ni la selección del mecanismo de expansión maxilar (Ayala Arias, 2020; Kong et al., 2024).

Sin embargo, los resultados también deben interpretarse considerando lo señalado por Seubert et al. (2021), quienes establecieron que las dimensiones transversales del maxilar presentan variaciones relacionadas con la edad y el sexo, por lo que recomiendan utilizar valores de referencia específicos durante la evaluación diagnóstica. En consecuencia, aunque en esta investigación existió un predominio femenino, el análisis de las discrepancias transversales se fundamentó en parámetros tomográficos estandarizados, permitiendo una valoración objetiva e individualizada de cada paciente (Seubert et al., 2021).

Tabla 6. *Estadísticos descriptivos de la edad de los pacientes.*

Estadísticos		
Edad del paciente en años		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		16,51
Desv. Desviación		2,406
Mínimo		13
Máximo		21

Nota. La tabla presenta la distribución de la edad 7de los 35 pacientes incluidos en el estudio, con una media de 16,51 años, desviación estándar de 2,406 años y un rango de 13 a 21 años.
Fuente: Elaboración propia.

La edad de los pacientes osciló entre 13 y 21 años, con una media de 16,51 ± 2,41 años de desviación estándar, lo que indica una variabilidad moderada entre los pacientes evaluados, lo que corresponde principalmente a una población adolescente. Este resultado es semejante a lo reportado por Rodríguez Alayza (2023) y Valdivia López (2024), quienes evaluaron pacientes entre 15 y 35 años mediante CBCT utilizando los análisis PENN y MINER, demostrando que estas herramientas son aplicables para el diagnóstico de discrepancias transversales durante las etapas finales del crecimiento y en adultos jóvenes.

Los hallazgos son concordantes con los planteamientos de Seubert et al. (2021), quienes señalaron que la edad constituye un factor importante para interpretar las dimensiones transversales del maxilar, debido a los cambios asociados al crecimiento craneofacial. En este sentido, la media de edad obtenida en la presente investigación resulta adecuada para valorar la hipoplasia transversal mediante CBCT y orientar la selección del mecanismo de expansión con base en parámetros diagnósticos específicos para este grupo etario (Seubert et al., 2021).

Por otro lado, existe una diferencia con los estudios de Moreno Terrazas et al. (2024), quienes centraron su investigación en adultos jóvenes, mientras que la presente muestra estuvo conformada principalmente por adolescentes. Esta diferencia puede influir en la interpretación clínica de los hallazgos, ya que el potencial de crecimiento remanente y la maduración ósea condicionan la elección del tipo de expansión maxilar. Sin embargo, ambos estudios coinciden en que el análisis tridimensional mediante CBCT proporciona información objetiva para fundamentar la planificación terapéutica (Moreno Terrazas et al., 2024).

Sin embargo, cabe señalar que en la presente investigación La edad cronológica se consideró como un criterio para delimitar la población de estudio, no se asumió como un indicador absoluto de maduración esquelética ni como un criterio único para determinar el mecanismo de expansión. Esta consideración se fundamenta en lo señalado por Angelieri et al. (2013), quienes destacan la variabilidad individual en la maduración de la sutura palatina media y la necesidad de una evaluación individualizada antes de indicar procedimientos de expansión maxilar.

Objetivo específico 1. Identificar la magnitud de la discrepancia transversal del maxilar mediante el análisis PENN.

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a la evaluación de la discrepancia transversal maxilar mediante el análisis PENN aplicado a las tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) de los pacientes incluidos en el estudio. Se exponen las mediciones del ancho basal maxilar y mandibular, la diferencia y discrepancia transversal, la clasificación del ancho maxilar y la presencia de hipoplasia maxilar, permitiendo caracterizar objetivamente las alteraciones transversales y establecer la magnitud de la discrepancia esquelética**.**

Tabla 7. *Estadísticos descriptivos del ancho basal del maxilar según el análisis PENN*

Estadísticos		
Ancho basal del maxilar en mm PEEN		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		63,8143
Desv. Desviación		2,46709
Mínimo		59,20
Máximo		67,10

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos del ancho basal maxilar en los 35 pacientes evaluados, con una media de 63,81 mm, desviación estándar de 2,47 mm y valores comprendidos entre 59,20 y 67,10 mm.
Fuente: Elaboración propia.

El ancho basal del maxilar presentó una media de 63,81 ± 2,47 mm de desvío con respecto a la media, con valores comprendidos entre 59,20 y 67,10 mm, lo que evidencia una variabilidad moderada entre los pacientes evaluados. Este resultado es semejante a lo descrito por Seubert et al. (2021), quienes establecieron valores de referencia para las dimensiones transversales del maxilar mediante CBCT y señalaron que las diferencias en el ancho basal están influenciadas por la edad, el sexo y las características morfológicas de cada individuo.

Estos resultados concuerdan con Ayala Arias (2020) y con el estudio *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024), los cuales destacan que el análisis PENN constituye una herramienta confiable para medir el ancho basal del maxilar e identificar la presencia de hipoplasia transversal con alta reproducibilidad. En consecuencia, el valor promedio encontrado respalda la utilidad del análisis PENN como método objetivo para la evaluación de la dimensión transversal maxilar (Ayala Arias, 2020; *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis*, 2024).

Asimismo, los hallazgos son consistentes con lo planteado por Feștilă et al. (2022), quienes demostraron que las mediciones tridimensionales obtenidas mediante CBCT ofrecen mayor precisión diagnóstica que los métodos bidimensionales tradicionales para evaluar las discrepancias transversales del maxilar. Esto sugiere que el ancho basal registrado en la presente investigación representa una medición confiable para fundamentar la planificación terapéutica y la selección del mecanismo de expansión más apropiado para cada paciente (Feștilă et al., 2022).

Tabla 8. *Estadísticos descriptivos del ancho basal mandibular según el análisis PENN.*

Estadísticos		
Ancho basal mandibular en mm PEEN		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		59,6229
Desv. Desviación		3,47174
Mínimo		46,70
Máximo		66,20

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos del ancho basal mandibular en los 35 pacientes evaluados, con una media de 59,62 mm, desviación estándar de 3,47 mm y valores comprendidos entre 46,70 y 66,20 mm.

Fuente: Elaboración propia.

El ancho basal mandibular presentó una media de 59,62 ± 3,47 mm de desviación estándar, con un rango entre 46,70 y 66,20 mm, lo que refleja variabilidad en las dimensiones transversales mandibulares de la muestra estudiada. Este resultado es semejante a lo descrito por Lee et al. (2022), quienes señalaron que la evaluación tridimensional mediante CBCT permite medir con precisión las dimensiones transversales tanto del maxilar como de la mandíbula, constituyendo una referencia confiable para valorar la relación transversal entre ambas bases óseas.

También, los hallazgos coinciden con los planteamientos de Ayala Arias (2020), quien destacó que el análisis PENN presenta una alta reproducibilidad para evaluar las discrepancias transversales maxilomandibulares, permitiendo determinar de forma objetiva la relación entre el ancho basal del maxilar y de la mandíbula. De igual manera, el estudio *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024) respalda el empleo de este análisis como una herramienta diagnóstica confiable para identificar alteraciones transversales clínicamente relevantes (Ayala Arias, 2020; *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis*, 2024).

Por otra parte, los resultados guardan relación con lo expuesto por Watted et al. (2024), quienes enfatizaron que la evaluación conjunta de las bases óseas maxilar y mandibular es determinante para seleccionar el mecanismo de expansión más apropiado. En este sentido, el ancho basal mandibular obtenido en la presente investigación constituye un parámetro indispensable para interpretar la discrepancia transversal junto con el ancho basal maxilar, favoreciendo una planificación terapéutica individualizada y basada en evidencia (Watted et al., 2024).

Tabla 9. *Estadísticos descriptivos de la diferencia transversal según el análisis PENN.*

Estadísticos		
Diferencia transversal		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		4,1914
Desv. Desviación		4,11449
Mínimo		-4,30
Máximo		14,00

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos de la diferencia transversal en los 35 pacientes evaluados, con una media de 4,19 mm, desviación estándar de 4,11 mm y valores comprendidos entre −4,30 y 14,00 mm.
Fuente: Elaboración propia

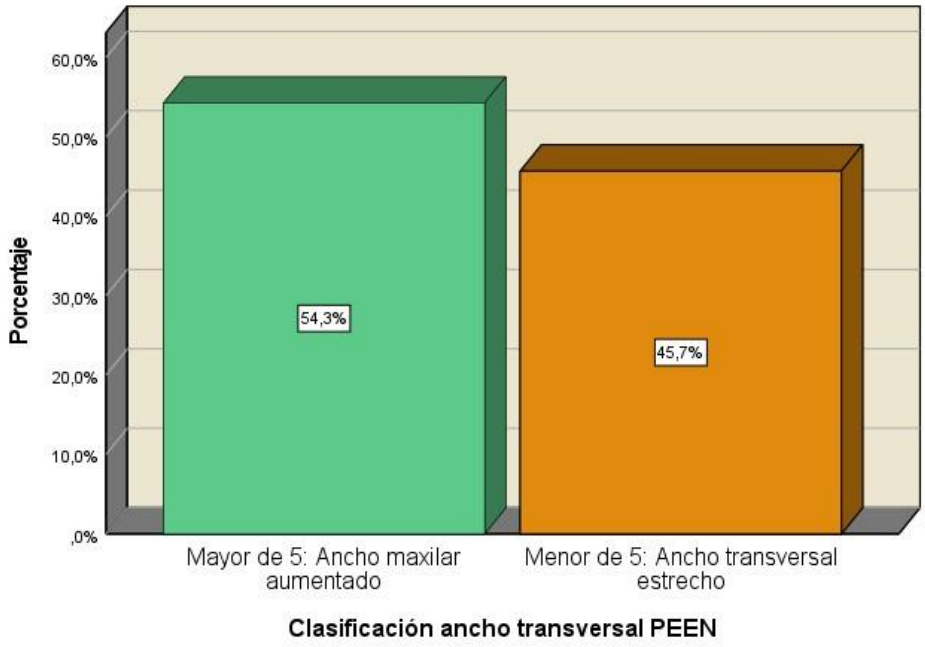
La diferencia transversal presentó una media de 4,19 mm, con valores que oscilaron entre −4,30 y 14,00 mm, evidenciando una amplia variabilidad en la relación transversal entre el maxilar y la mandíbula de los pacientes evaluados. Este hallazgo es semejante a lo reportado por Moreno Terrazas et al. (2024), quienes encontraron una elevada frecuencia de discrepancias transversales diagnosticadas mediante el análisis PENN y señalaron que la magnitud de estas diferencias varía

considerablemente entre individuos, por lo que debe interpretarse de manera individual para definir la conducta terapéutica.

Igualmente, los resultados coinciden con los de *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024), donde se concluye que el análisis PENN permite cuantificar objetivamente la discrepancia transversal y detectar colapsos maxilares con alta confiabilidad. De igual manera, Ayala Arias (2020) destacó la reproducibilidad de este método para evaluar la relación transversal maxilomandibular, respaldando su utilidad clínica para establecer un diagnóstico preciso (Ayala Arias, 2020; *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis*, 2024).

Además, los hallazgos son congruentes con lo expuesto por Watted et al. (2024), quienes afirmaron que la magnitud de la discrepancia transversal constituye uno de los principales criterios para seleccionar entre una expansión dentoalveolar, esquelética o asistida quirúrgicamente. Además, Lazcano Azócar et al. (2023) señalaron que las diferencias observadas entre pacientes pueden explicarse por las variaciones anatómicas y esqueléticas propias de cada población, razón por la cual la interpretación de la discrepancia transversal debe realizarse de forma individualizada y complementarse con otros parámetros diagnósticos, como el análisis MINER (Watted et al., 2024; Lazcano Azócar et al., 2023).

Figura 21. *Clasificación del ancho transversal según el análisis PENN.*



Nota. La figura muestra la clasificación del ancho transversal en los 35 pacientes evaluados: el 54,3 % presentó una diferencia mayor de 5 mm, correspondiente a una relación transversal favorable, mientras que el 45,7 % presentó una diferencia menor de 5 mm, compatible con estrechez transversal maxilar.
Fuente: Elaboración propia.

La clasificación del ancho transversal mediante el análisis PENN mostró que el 54,3 % de los pacientes presentó un ancho maxilar aumentado (diferencia >5 mm), mientras que el 45,7 % presentó un ancho transversal estrecho (diferencia <5 mm). Estos resultados evidencian una distribución relativamente equilibrada entre ambas categorías, aunque con ligero predominio de pacientes con una relación transversal favorable. Este comportamiento es semejante a lo descrito por Moreno Terrazas et al. (2024), quienes señalaron que la evaluación mediante PENN permite diferenciar objetivamente los casos con colapso maxilar de aquellos que presentan una relación transversal dentro de parámetros aceptables.

Los hallazgos también coinciden con *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024), donde se destaca que el análisis PENN constituye una herramienta confiable para clasificar la discrepancia transversal y orientar la toma de decisiones clínicas. Asimismo, Ayala Arias (2020) reportó una elevada reproducibilidad del análisis PENN para identificar las variaciones del ancho transversal, lo que respalda la confiabilidad de la clasificación obtenida en la presente

investigación (Ayala Arias, 2020; *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis*, 2024).

Por otra parte, los resultados concuerdan con lo planteado por Watted et al. (2024), quienes sostienen que la clasificación de la discrepancia transversal constituye un criterio fundamental para seleccionar el mecanismo de expansión maxilar. De igual manera, Lazcano Azócar et al. (2023) indicaron que la interpretación de estas categorías debe realizarse considerando las características anatómicas de cada paciente y complementarse con otros análisis diagnósticos, como el MINER, ya que una misma clasificación transversal puede presentar diferentes implicaciones terapéuticas dependiendo de la compensación dentoalveolar existente (Watted et al., 2024; Lazcano Azócar et al., 2023).

Tabla 10. *Estadísticos descriptivos de la discrepancia transversal según el análisis PENN.*

Estadísticos		
Discrepancia transversal en mm		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		-1,3694
Desv. Desviación		4,62477
Mínimo		-19,00
Máximo		8,70

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos de la discrepancia transversal en los 35 pacientes evaluados, con una media de −1,37 mm y una desviación estándar de 4,62 mm, evidenciando variabilidad en la magnitud de la discrepancia entre los pacientes.
Fuente: Elaboración propia

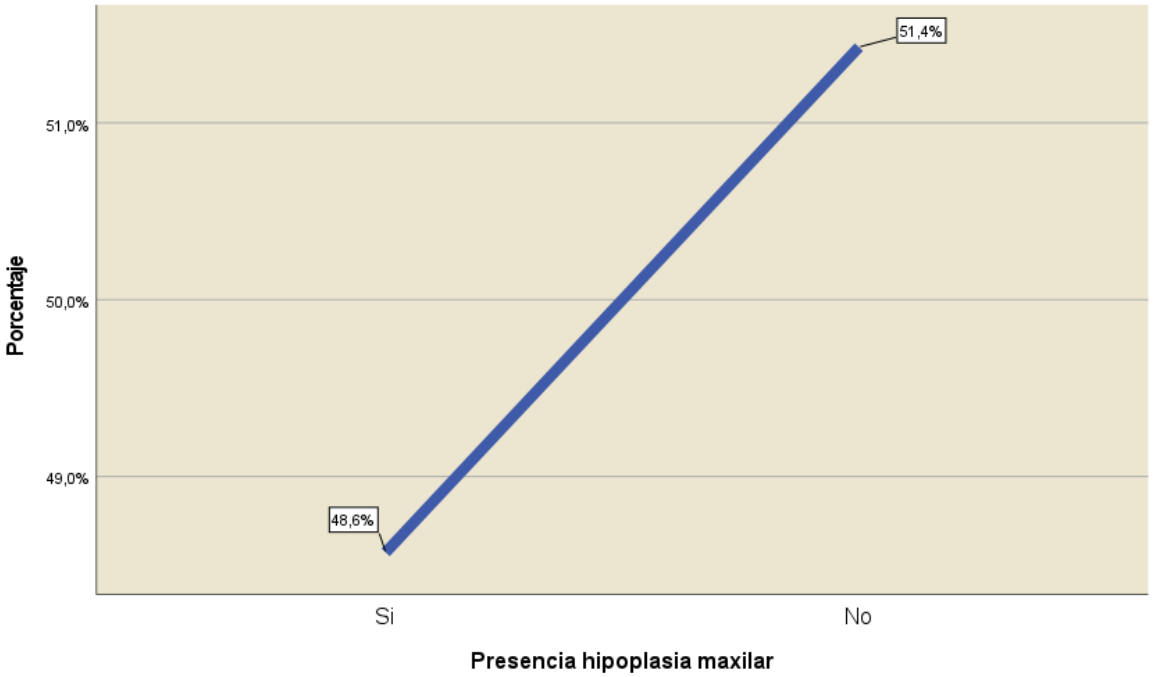
La discrepancia transversal presentó una media de −1,37mm, con valores comprendidos entre −19,00 y 8,70 mm, lo que evidencia la presencia de pacientes con distintos grados de colapso maxilar y otros con relaciones transversales cercanas a la normalidad. Este hallazgo es semejante a lo reportado por Seubert et al. (2021), quienes señalaron que las discrepancias transversales

muestran una amplia variabilidad entre individuos y deben interpretarse considerando las características anatómicas propias de cada paciente, más que mediante valores absolutos únicos.

Asimismo, los resultados coinciden con Ayala Arias (2020) y con *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024), donde se destaca que el análisis PENN permite cuantificar objetivamente la discrepancia transversal mediante CBCT, facilitando la identificación de pacientes con deficiencia esquelética maxilar y orientando la planificación del tratamiento. La media negativa encontrada en este estudio sugiere una tendencia hacia la presencia de discrepancia transversal en una proporción importante de la muestra, concordante con lo descrito por estos autores (Ayala Arias, 2020; *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis*, 2024).

Además, los hallazgos son consistentes con lo señalado por Watted et al. (2024) y Lazcano Azócar et al. (2023), quienes sostienen que la magnitud de la discrepancia transversal constituye un criterio determinante para decidir el tipo de expansión maxilar y que dicha decisión no debe basarse únicamente en la diferencia transversal, sino complementarse con la evaluación de la inclinación dentoalveolar mediante el análisis MINER. En este sentido, la variabilidad observada en la presente investigación respalda la necesidad de una valoración diagnóstica integral antes de establecer el tratamiento más adecuado (Watted et al., 2024; Lazcano Azócar et al., 2023).

Figura 22. *Presencia de hipoplasia transversal maxilar según el análisis PENN*



Nota. La figura muestra la distribución de los pacientes según la presencia de hipoplasia transversal maxilar: el 48,6 % presentó hipoplasia, mientras que el 51,4 % no presentó esta alteración.
Fuente: Elaboración propia.

La presencia de hipoplasia maxilar se observó en el 48,6 % de los pacientes, mientras que el 51,4 % no presentó esta alteración. Este resultado es semejante a lo reportado por Moreno Terrazas et al. (2024), quienes señalaron que la hipoplasia transversal no está presente en todos los pacientes ortodóncicos y que su diagnóstico requiere una evaluación tridimensional precisa.

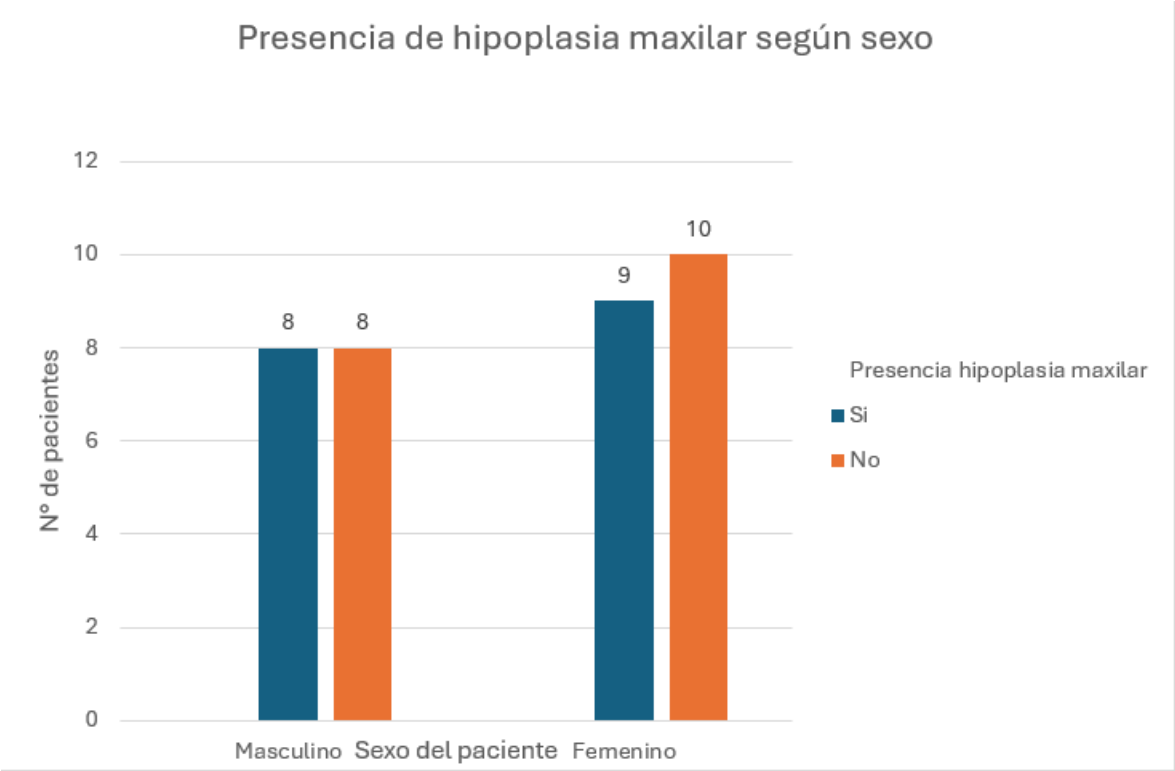
Igualmente, Ayala Arias (2020) y *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis*

(2024) destacan que el análisis PENN permite identificar objetivamente la hipoplasia maxilar mediante la comparación de las bases óseas. En este estudio, la proporción de pacientes con hipoplasia respalda la utilidad clínica de este método diagnóstico.

Finalmente, los resultados coinciden con Watted et al. (2024), quienes afirman que la presencia de hipoplasia maxilar debe complementarse con la evaluación de la inclinación

dentoalveolar antes de indicar el tratamiento. Esto confirma la importancia de integrar los análisis PENN y MINER para seleccionar el mecanismo de expansión más adecuado.

Figura 23. *Distribución de la presencia de hipoplasia maxilar según sexo*



Nota. La figura muestra la distribución de pacientes con y sin hipoplasia maxilar de acuerdo con el sexo. En el sexo masculino se identificaron 8 pacientes con hipoplasia y 8 sin hipoplasia, mientras que en el sexo femenino se observaron 9 pacientes con hipoplasia y 10 sin hipoplasia.
Fuente: Elaboración propia.

En relación con la presencia de hipoplasia maxilar según sexo, se observó que 8 de 16 pacientes masculinos (50.0 %) presentaron hipoplasia maxilar, mientras que en el sexo femenino se identificó en 9 de 19 pacientes (47.4 %). Aunque en números absolutos hubo un caso más en el sexo femenino, proporcionalmente la frecuencia fue ligeramente mayor en el sexo masculino.

Estos hallazgos pueden relacionarse con el estudio de Cai et al. (2026), quienes evaluaron la deficiencia transversal maxilar mediante diferentes métodos diagnósticos basados en CBCT, incluidos Penn y Miner. Sus resultados demostraron que la identificación de la deficiencia transversal depende principalmente del método diagnóstico y de los puntos anatómicos empleados, observándose diferencias en la frecuencia de diagnóstico entre los distintos análisis.

En este sentido, la pequeña diferencia encontrada entre hombres y mujeres en el presente estudio no permite atribuir la hipoplasia maxilar al sexo por sí solo. Los resultados deben interpretarse considerando las características transversales individuales del paciente y el método utilizado para establecer el diagnóstico. Esto refuerza la importancia de una valoración objetiva de las dimensiones transversales mediante análisis como Penn y Miner, en lugar de asumir la presencia de hipoplasia basándose únicamente en características demográficas.

Objetivo específico 2. Analizar la inclinación dental y su relación con las bases óseas mediante el análisis MINER.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos mediante el análisis MINER para evaluar la compensación dentoalveolar de los pacientes estudiados. Se describen las mediciones de la inclinación de los primeros molares superiores e inferiores, así como la interpretación de los patrones de inclinación dentaria, con el propósito de identificar las compensaciones dentoalveolares asociadas a las discrepancias transversales del maxilar.

Tabla 11. *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar superior derecho según el análisis MINER.*

Estadísticos		
Ángulo de inclinación del primer molar superior derecha MINER		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		101,0514
Desv. Desviación		7,34572
Mínimo		89,60
Máximo		109,80

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar superior derecho en los 35 pacientes evaluados, con una media de 101,05°, una desviación estándar de 7,35° y valores comprendidos entre 89,60° y 109,80°.
Fuente: Elaboración propia.

El ángulo de inclinación del primer molar superior derecho presentó una media de 101,05°, evidenciando variabilidad en la inclinación dentoalveolar de los pacientes. Este resultado coincide con Liu et al. (2023), quienes señalaron que la inclinación de los primeros molares varía entre individuos y constituye un parámetro fundamental para evaluar la compensación dentoalveolar mediante CBCT.

También, los hallazgos son semejantes a los de Lazcano Azócar et al. (2023), quienes destacaron que el análisis MINER permite cuantificar objetivamente la inclinación molar y diferenciar si la discrepancia transversal tiene un origen principalmente dentoalveolar o esquelético. Esto respalda la utilidad clínica de la medición obtenida en la presente investigación (Lazcano Azócar et al., 2023).

Watted et al. (2024) afirman que la inclinación de los molares debe interpretarse junto con el análisis PENN para seleccionar el mecanismo de expansión más adecuado. En consecuencia, el valor promedio observado aporta información relevante para distinguir los casos que pueden tratarse con expansión dentoalveolar de aquellos que requieren una expansión de tipo esquelético.

Tabla 12. *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar superior izquierdo según el análisis MINER.*

Estadísticos		
Ángulo de inclinación primer molar superior izquierda MINER		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		101,5314
Desv. Desviación		7,22177
Mínimo		90,30
Máximo		110,40

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar superior izquierdo en los 35 pacientes evaluados, con una media de 101,53°, una desviación estándar de 7,22° y valores comprendidos entre 90,30° y 110,40°.
Fuente: Elaboración propia.

El ángulo de inclinación del primer molar superior izquierdo presentó una media de 101,53°, lo que evidencia una variación moderada en la inclinación dentoalveolar de los pacientes. Este resultado coincide con Liu et al. (2023), quienes señalaron que la inclinación molar puede presentar diferencias individuales y constituye un parámetro esencial para evaluar la compensación dentoalveolar mediante CBCT.

Asimismo, los resultados son semejantes a los descritos por Lazcano Azócar et al. (2023), quienes destacaron que el análisis MINER permite medir con precisión la inclinación de los molares superiores y diferenciar las compensaciones dentarias de las alteraciones esqueléticas transversales. Esto confirma la utilidad diagnóstica de la medición obtenida en este estudio.

Finalmente, Watted et al. (2024) indican que la inclinación de los molares debe analizarse juntamente con la discrepancia transversal determinada por el análisis PENN para seleccionar el tratamiento más apropiado. En consecuencia, el valor promedio observado aporta evidencia para una planificación terapéutica individualizada basada en ambos métodos diagnósticos.

Tabla 13. *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar inferior derecho según el análisis MINER.*

Estadísticos		
Ángulo de inclinación primer molar inferior derecho MINER		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		104,8429
Desv. Desviación		6,59466
Mínimo		94,80
Máximo		115,20

Nota. La tabla presenta los valores descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar inferior derecho en los 35 pacientes evaluados, con una media de 104,84°, una desviación estándar de 6,59° y valores comprendidos entre 94,80° y 115,20°.
Fuente: Elaboración propia.

El ángulo de inclinación del primer molar inferior derecho presentó una media de 104,84 con una desviación estándar de 6,59°, lo que refleja una variabilidad moderada en la inclinación dentoalveolar de la muestra. Este resultado es semejante a lo reportado por Liu et al. (2023), quienes señalaron que la inclinación de los molares inferiores puede variar según el grado de compensación dentoalveolar y constituye un parámetro importante en el diagnóstico transversal mediante CBCT.

Asimismo, los hallazgos coinciden con Lazcano Azócar et al. (2023), quienes destacaron que el análisis MINER permite evaluar objetivamente la inclinación de los molares inferiores para diferenciar compensaciones dentarias de discrepancias esqueléticas. Esto respalda la utilidad clínica de la medición obtenida en la presente investigación.

Finalmente, Watted et al. (2024) sostienen que la inclinación de los molares inferiores debe interpretarse junto con los resultados del análisis PENN para determinar el mecanismo de expansión más adecuado. En este sentido, el valor promedio encontrado contribuye a una planificación terapéutica más precisa e individualizada.

Tabla 14. *Estadísticos descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar inferior izquierdo según el análisis MINER.*

Estadísticos		
Ángulo de inclinación primer molar inferior izquierda MINER		
N	Válido	35
	Perdidos	0
Media		105,6034
Desv. Desviación		6,77514
Mínimo		95,50
Máximo		119,10

Nota. *La tabla presenta los valores descriptivos del ángulo de inclinación del primer molar inferior izquierdo en los 35 pacientes evaluados, con una media de 105,60°, una desviación estándar de 6,78° y valores comprendidos entre 95,50° y 119,10°.*
Fuente: *Elaboración propia.*

El ángulo de inclinación del primer molar inferior izquierdo presentó una media de 105,60°, con una desviación estándar de 6,78°, lo que indica una variabilidad moderada entre los pacientes evaluados. Los valores oscilaron entre un mínimo de 95,50° y un máximo de 119,10°, evidenciando la presencia de diferentes grados de inclinación dentoalveolar en la muestra. Este resultado coincide con Liu et al. (2023), quienes señalan que la inclinación de los molares inferiores constituye un parámetro clave para evaluar las compensaciones dentarias mediante tomografía de haz cónico.

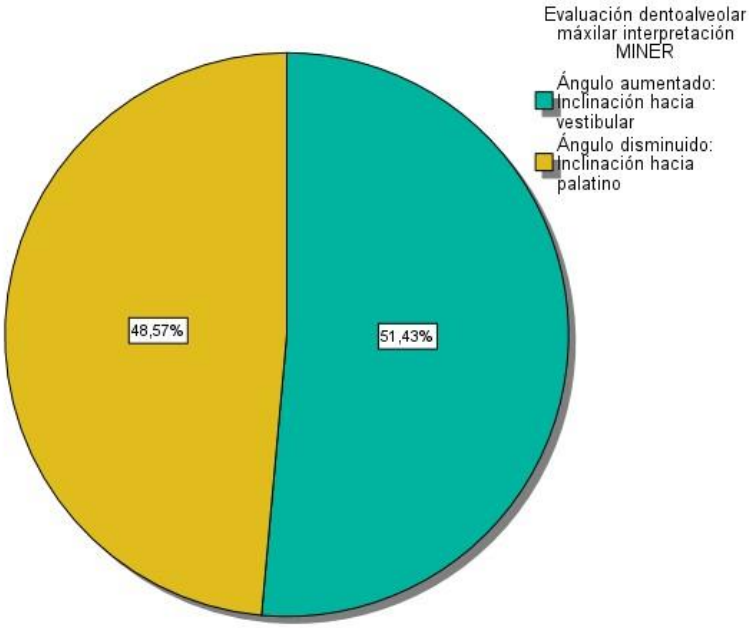
Los hallazgos son concordantes con Lazcano Azócar et al. (2023), quienes destacan que el análisis MINER permite medir objetivamente la inclinación molar y diferenciar las compensaciones dentoalveolares de las discrepancias esqueléticas transversales. Esto confirma la utilidad diagnóstica de la medición obtenida en la presente investigación.

Finalmente, Watted et al. (2024) indican que la inclinación de los molares inferiores debe interpretarse en conjunto con el análisis PENN para establecer el tratamiento de expansión más apropiado. En este sentido, el promedio obtenido aporta información útil para una planificación terapéutica individualizada de los pacientes.

Objetivo específico 3. Integrar los hallazgos de los análisis PENN y MINER para establecer el mecanismo de expansión maxilar más sugerido.

Los resultados correspondientes a este objetivo presentan la integración de los hallazgos obtenidos mediante los análisis PENN y MINER para determinar el tipo de expansión maxilar más indicado en cada paciente. Para ello, se analiza la relación entre la discrepancia transversal, las compensaciones dentoalveolares y la indicación de expansión, permitiendo establecer si el tratamiento requerido corresponde a una expansión dentoalveolar o esquelética con base en criterios diagnósticos tridimensionales.

Figura 24. *Distribución de la evaluación dentoalveolar maxilar según el análisis MINER.*



Nota. La figura muestra la distribución de la inclinación de los primeros molares superiores según el análisis MINER: el 51,43 % presentó ángulos aumentados, correspondientes a inclinación hacia vestibular, mientras que el 48,57 % presentó ángulos disminuidos, asociados a inclinación hacia palatino.
Fuente: Elaboración propia.

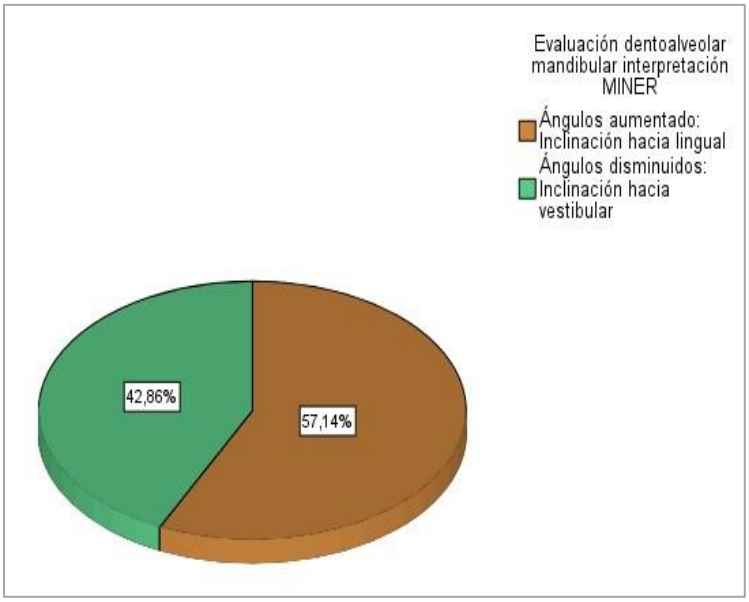
La evaluación dentoalveolar maxilar mediante el análisis MINER mostró que el 51,43% de los pacientes presentó un ángulo aumentado, correspondiente a una inclinación hacia vestibular de los primeros molares superiores, mientras que el 48,57% evidenció un ángulo disminuido, asociado a una inclinación hacia palatino. Estos resultados indican una distribución prácticamente equilibrada entre ambos tipos de compensación dentoalveolar, con un ligero predominio de la inclinación vestibular.

Los resultados concuerdan con Liu et al. (2023), quienes describen que las compensaciones dentoalveolares en pacientes con discrepancias transversales pueden manifestarse tanto mediante inclinaciones vestibulares como palatinas de los molares superiores, dependiendo de las características individuales de cada caso. La ligera predominancia de la inclinación vestibular observada en este estudio refleja la variabilidad de adaptación dentoalveolar descrita por dichos autores.

Lazcano Azócar et al. (2023) señalan que el análisis MINER permite identificar de forma objetiva la dirección de la inclinación molar y diferenciar las compensaciones dentarias de las alteraciones esqueléticas transversales. En este estudio, la distribución casi equitativa entre inclinación vestibular y palatina confirma la utilidad del análisis para caracterizar los patrones de compensación presentes en la muestra.

Finalmente, Watted et al. (2024) indican que la identificación del sentido de la inclinación dentoalveolar constituye un elemento fundamental para planificar el tratamiento ortodóncico, ya que permite valorar si las compensaciones dentarias requieren corrección previa o simultánea a la expansión transversal. En consecuencia, los hallazgos obtenidos aportan información relevante para individualizar la planificación terapéutica de los pacientes.

Figura 25. *Distribución de la evaluación dentoalveolar mandibular según el análisis MINER.*



Nota. La figura muestra la distribución de la inclinación de los primeros molares inferiores según el análisis MINER: el 57,14 % presentó ángulos aumentados, correspondientes a inclinación hacia lingual, mientras que el 42,86 % presentó ángulos disminuidos, asociados a inclinación hacia vestibular.
Fuente: Elaboración propia.

La evaluación dentoalveolar mandibular mediante el análisis MINER mostró que el 57,14% de los pacientes presentó ángulos aumentados, correspondientes a una inclinación hacia lingual de los primeros molares inferiores, mientras que el 42,86% evidenció ángulos disminuidos, asociados a una inclinación hacia vestibular. Estos hallazgos indican un predominio de la inclinación lingual como mecanismo de compensación dentoalveolar en la muestra estudiada.

Los resultados son concordantes con Liu et al. (2023), quienes señalan que las compensaciones dentoalveolares en la arcada mandibular pueden manifestarse mediante inclinaciones hacia lingual o vestibular, dependiendo de la magnitud de la discrepancia transversal y de la adaptación individual de cada paciente. El predominio de la inclinación lingual observado en este estudio sugiere un patrón compensatorio frecuente en pacientes con alteraciones transversales.

Asimismo, Lazcano Azócar et al. (2023) destacan que el análisis MINER constituye una herramienta confiable para identificar la dirección de la inclinación de los molares inferiores y diferenciar las compensaciones dentarias de las alteraciones esqueléticas. La distribución encontrada en esta investigación confirma la utilidad clínica de este método para caracterizar los patrones de inclinación dentoalveolar.

Finalmente, Watted et al. (2024) indican que conocer la dirección de la inclinación de los molares mandibulares permite seleccionar estrategias terapéuticas más adecuadas, especialmente cuando se combina la información proporcionada por el análisis MINER con la evaluación transversal del análisis PENN. En este sentido, los hallazgos obtenidos aportan evidencia para una planificación ortodóncica más precisa e individualizada.

Tabla 15. *Indicación de expansión maxilar según los criterios diagnósticos del estudio.*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	35	100,0	100,0	100,0

Nota. La tabla muestra que los 35 pacientes evaluados presentaron indicación de expansión maxilar, correspondiente al 100 % de la muestra.
Fuente: Elaboración propia.

La totalidad de los pacientes evaluados (100%; n=35) presentó indicación de expansión maxilar según los criterios establecidos por el análisis transversal aplicado. Este hallazgo evidencia que todos los casos incluidos en la investigación presentaban una discrepancia transversal que

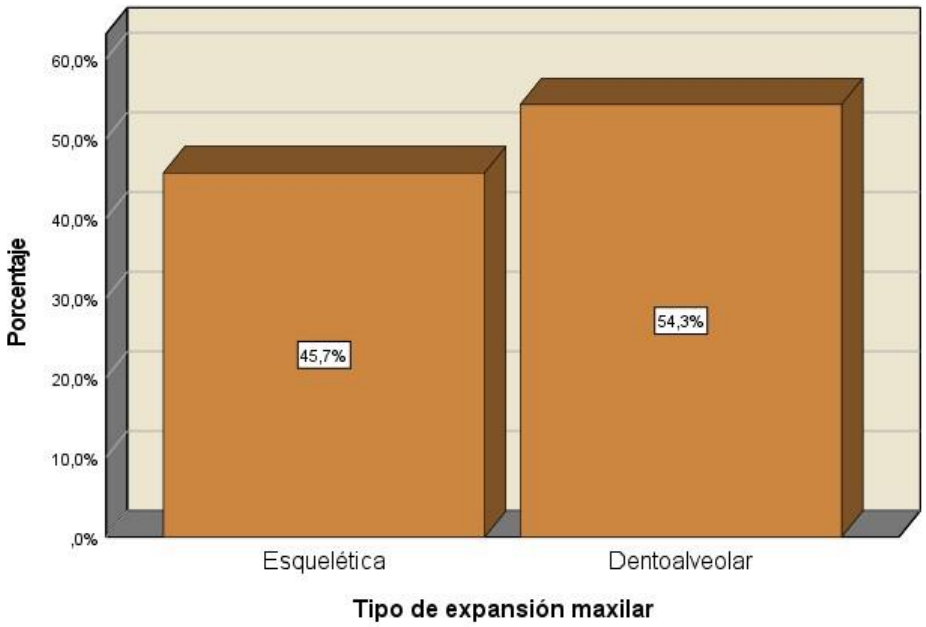
justificaba la necesidad de tratamiento mediante expansión maxilar, confirmando la homogeneidad de la muestra respecto a esta condición clínica.

Los resultados son consistentes con lo descrito por el estudio *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024), en el que se señala que el análisis PENN permite identificar objetivamente a los pacientes que requieren expansión maxilar mediante la evaluación de la discrepancia transversal esquelética. En este estudio, el hecho de que el 100% de los pacientes presentara indicación de expansión confirma la capacidad diagnóstica de este método para seleccionar casos con colapso maxilar.

Asimismo, los hallazgos coinciden con Moreno Terrazas et al. (2024), quienes destacan que la evaluación transversal mediante tomografía de haz cónico mejora la precisión en la identificación de pacientes candidatos a expansión maxilar, favoreciendo una planificación terapéutica basada en criterios anatómicos objetivos.

Finalmente, Watted et al. (2024) indican que la decisión de realizar expansión maxilar debe fundamentarse en el análisis conjunto de la discrepancia esquelética y las compensaciones dentoalveolares. En este sentido, la indicación de expansión en todos los pacientes evaluados respalda la importancia de integrar los análisis PENN y MINER para establecer un diagnóstico preciso y seleccionar el tratamiento ortodóncico más adecuado.

Figura 26. *Distribución del tipo de expansión maxilar indicada.*



Nota. La figura muestra la distribución del mecanismo de expansión maxilar indicado en los pacientes evaluados: el 54,3 % correspondió a expansión dentoalveolar y el 45,7 % a expansión esquelética.
Fuente: Elaboración propia.

En relación con el tipo de expansión maxilar indicada, el 54,3% de los pacientes requirió una expansión dentoalveolar, mientras que el 45,7% presentó indicación de expansión esquelética. Estos resultados muestran un ligero predominio de la expansión dentoalveolar, lo que sugiere que, en la mayoría de los casos, la discrepancia transversal podría corregirse mediante movimientos dentoalveolares, aunque una proporción importante de pacientes requirió expansión de origen esquelético debido a la magnitud de la alteración transversal.

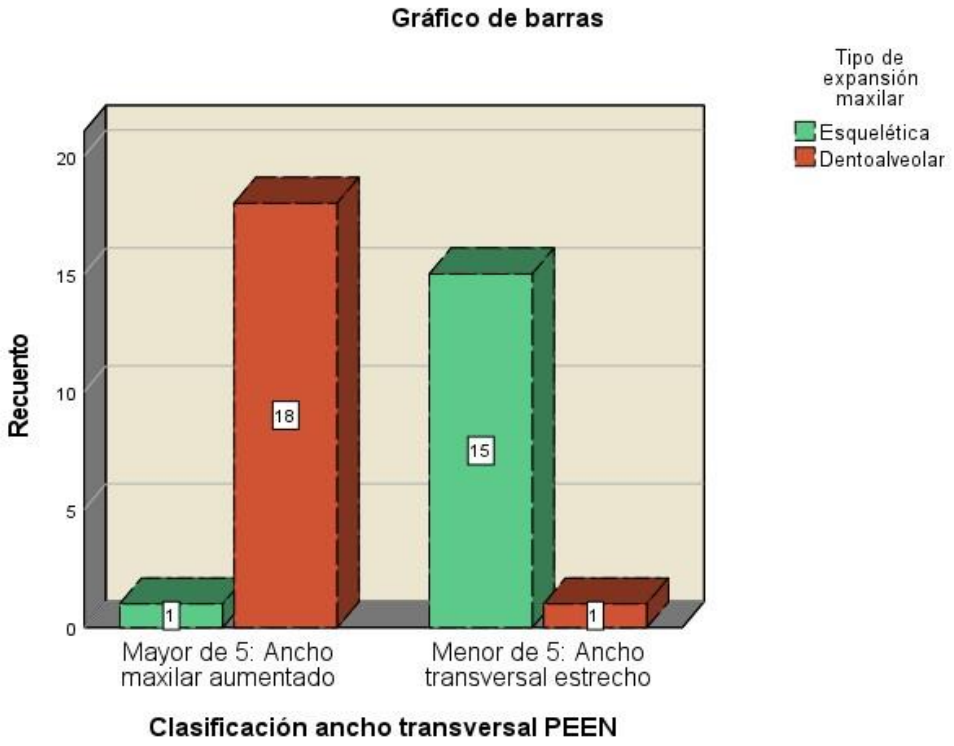
Los hallazgos son consistentes con *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024), donde se señala que el análisis PENN permite diferenciar objetivamente los casos que requieren expansión dentoalveolar de aquellos que necesitan expansión esquelética,

facilitando una selección terapéutica basada en la magnitud de la discrepancia transversal. El predominio de la expansión dentoalveolar observado en este estudio refleja la utilidad clínica de este análisis para individualizar el tratamiento.

Además, Moreno Terrazas et al. (2024) destacan que la tomografía de haz cónico proporciona una evaluación precisa de las estructuras transversales, permitiendo establecer el tipo de expansión más apropiado según las características anatómicas de cada paciente. En este estudio, la distribución entre expansión dentoalveolar y esquelética evidencia la importancia de un diagnóstico tridimensional para seleccionar el abordaje terapéutico más adecuado.

Finalmente, Watted et al. (2024) indican que la elección entre expansión dentoalveolar o esquelética debe fundamentarse en la integración de los análisis PENN y MINER, considerando tanto la discrepancia transversal como las compensaciones dentarias presentes. En este sentido, los resultados obtenidos respaldan la necesidad de una evaluación integral para optimizar la planificación del tratamiento ortodóncico.

Figura 27. *Relación entre la clasificación del ancho transversal según PENN y el tipo de expansión maxilar indicada.*



Nota. La figura muestra la distribución del tipo de expansión según la clasificación transversal obtenida mediante PENN. Entre los pacientes con diferencia mayor de 5 mm, 18 presentaron indicación de expansión dentoalveolar y 1 de expansión esquelética; mientras que, entre los pacientes con diferencia menor de 5 mm, 15 presentaron indicación de expansión esquelética y 1 de expansión dentoalveolar.
Fuente: Elaboración propia.

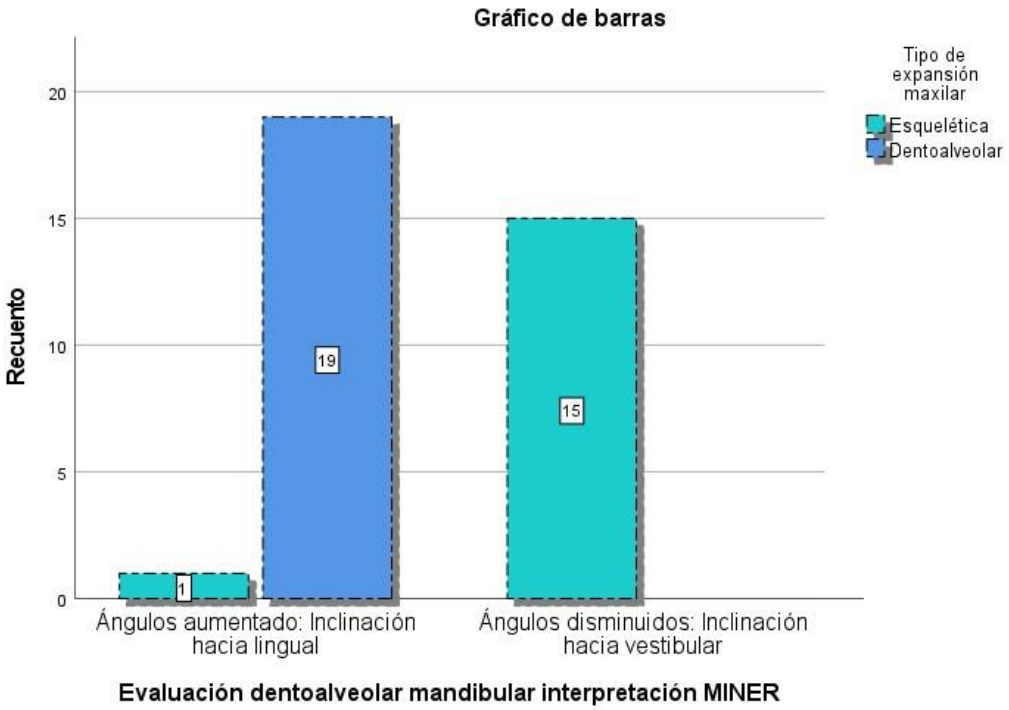
Al relacionar la clasificación del ancho transversal según el análisis PENN con el tipo de expansión maxilar indicada, se observó que, de los 19 pacientes con un ancho maxilar aumentado (mayor de 5 mm), 18 (94,7%) requirieron expansión dentoalveolar y solo 1 (5,3%) expansión esquelética. En contraste, de los 16 pacientes con un ancho transversal estrecho (menor de 5 mm), 15 (93,8%) presentaron indicación de expansión esquelética y únicamente 1 (6,2%) de expansión dentoalveolar.

Estos resultados son concordantes con *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024), donde se establece que la magnitud del ancho transversal constituye el principal criterio para diferenciar los pacientes candidatos a expansión dentoalveolar de aquellos que requieren expansión esquelética. La elevada correspondencia observada entre la clasificación PENN y el tipo de expansión indicado evidencia la utilidad clínica de este análisis para orientar la toma de decisiones terapéuticas.

Asimismo, Moreno Terrazas et al. (2024) destacan que la evaluación tridimensional mediante tomografía de haz cónico permite determinar con mayor precisión el origen de la discrepancia transversal y seleccionar el protocolo de expansión más apropiado. Los resultados obtenidos en este estudio respaldan dicha afirmación, ya que la mayoría de los pacientes fueron clasificados de acuerdo con el tipo de alteración transversal que presentaban.

Finalmente, Watted et al. (2024) indican que la elección del tipo de expansión debe sustentarse en un diagnóstico integral que considere tanto la discrepancia esquelética como las compensaciones dentoalveolares. La marcada asociación observada entre la clasificación PENN y el tipo de expansión maxilar confirma la utilidad de integrar los análisis PENN y MINER para individualizar el tratamiento ortodóncico de cada paciente.

Figura 28. *Relación entre la evaluación dentoalveolar mandibular según MINER y el tipo de expansión maxilar indicada.*



Nota. La figura muestra la distribución del tipo de expansión según la interpretación dentoalveolar mandibular obtenida mediante MINER. De los pacientes con ángulos aumentados e inclinación hacia lingual, 19 presentaron indicación de expansión dentoalveolar y 1 de expansión esquelética; mientras que los 15 pacientes con ángulos disminuidos e inclinación hacia vestibular presentaron indicación de expansión esquelética.
Fuente: Elaboración propia.

Al relacionar la evaluación dentoalveolar mandibular mediante el análisis MINER con el tipo de expansión maxilar indicada, se observó que, de los 20 pacientes que presentaron ángulos aumentados con inclinación hacia lingual, 19 (95,0%) requirieron expansión dentoalveolar y solo 1 (5,0%) expansión esquelética. Por otra parte, los 15 pacientes con ángulos disminuidos e inclinación hacia vestibular (100%) presentaron indicación de expansión esquelética. Estos resultados evidencian una clara relación entre el patrón de compensación dentoalveolar mandibular y el tipo de expansión maxilar requerido.

Los hallazgos son concordantes con Watted et al. (2024), quienes señalan que la dirección de la inclinación de los molares inferiores constituye un criterio importante para seleccionar el tipo de expansión maxilar, ya que las compensaciones dentoalveolares reflejan la adaptación del sistema estomatognático frente a las discrepancias transversales. La elevada correspondencia observada en este estudio respalda la utilidad clínica del análisis MINER para orientar la planificación terapéutica.

Asimismo, Lazcano Azócar et al. (2023) destacan que la evaluación de la inclinación molar mediante el análisis MINER permite diferenciar las compensaciones dentarias de las alteraciones esqueléticas, facilitando la elección del tratamiento más adecuado. Los resultados obtenidos muestran que la inclinación lingual se asoció predominantemente con expansión dentoalveolar, mientras que la inclinación vestibular se relacionó con expansión esquelética.

Finalmente, *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024) establece que la decisión terapéutica debe fundamentarse en la integración de la información proporcionada por los análisis PENN y MINER. En este sentido, la asociación observada entre el patrón de inclinación dentoalveolar mandibular y el tipo de expansión maxilar confirma la importancia de una evaluación diagnóstica integral para individualizar el tratamiento ortodóncico.

Tabla 16. *Relación entre la evaluación dentoalveolar mandibular según MINER y la clasificación del ancho transversal según PENN.*

Tabla cruzada Evaluación dentoalveolar mandibular interpretación MINER *Clasificación ancho transversal PEEN				
Recuento				
		Clasificación ancho transversal PEEN		Total
		Mayor de 5: Ancho maxilar aumentado	Menor de 5: Ancho transversal estrecho	
Evaluación dentoalveolar mandibular interpretación MINER	Ángulos aumentados: Inclinación hacia lingual	19	1	20
	Ángulos disminuidos: Inclinación hacia vestibular	0	15	15
Total		19	16	35

Nota. La tabla muestra la relación entre la inclinación dentoalveolar mandibular y la condición transversal determinada mediante PENN. De los 20 pacientes con ángulos aumentados e inclinación hacia lingual, 19 presentaron un ancho maxilar mayor de 5 mm y 1 un ancho transversal estrecho; mientras que los 15 pacientes con ángulos disminuidos e inclinación hacia vestibular presentaron un ancho transversal menor de 5 mm.
Fuente: Elaboración propia.

La tabla cruzada entre la evaluación dentoalveolar mandibular según el análisis MINER y la clasificación del ancho transversal mediante el análisis PENN mostró una asociación claramente definida. De los 20 pacientes con ángulos aumentados e inclinación hacia lingual, 19 (95,0%) presentaron un ancho maxilar aumentado (mayor de 5 mm) y solo 1 (5,0%) un ancho transversal estrecho (menor de 5 mm). En contraste, los 15 pacientes con ángulos disminuidos e inclinación hacia vestibular (100%) fueron clasificados con un ancho transversal estrecho. Estos resultados evidencian que el patrón de inclinación dentoalveolar mandibular guarda una estrecha relación con la condición transversal del maxilar.

Los hallazgos son consistentes con Watted et al. (2024), quienes señalan que las compensaciones dentoalveolares mandibulares reflejan la adaptación del sistema estomatognático frente a las discrepancias transversales y, por tanto, deben interpretarse juntamente con la evaluación esquelética. La correspondencia observada entre la inclinación lingual y el ancho maxilar aumentado, así como entre la inclinación vestibular y el maxilar estrecho, respalda esta relación clínica.

Asimismo, Lazcano Azócar et al. (2023) destacan que el análisis MINER permite identificar objetivamente las compensaciones dentarias, mientras que el análisis PENN determina la magnitud de la discrepancia transversal. La asociación encontrada en este estudio confirma que ambos análisis son complementarios y proporcionan información diagnóstica relevante para caracterizar la condición transversal de cada paciente.

Finalmente, *Diagnosis of Maxillary Collapse According to the Penn Analysis* (2024) establece que la integración de la evaluación dentoalveolar y esquelética permite realizar un diagnóstico más preciso del colapso maxilar y orientar la selección del tratamiento ortodóncico. En este estudio, la elevada concordancia entre la clasificación PENN y la interpretación del análisis

MINER respalda la utilidad de emplear ambos métodos de manera conjunta en la planificación terapéutica.

En conjunto, los resultados obtenidos mediante los análisis PENN y MINER demostraron que la evaluación simultánea de la discrepancia transversal y de las compensaciones dentoalveolares permitió establecer de manera objetiva el tipo de expansión maxilar indicado en cada paciente, evidenciando que ambos análisis son complementarios y proporcionan criterios diagnósticos más precisos para la planificación ortodóncica.

Conclusiones

Objetivo específico 1. Identificar la discrepancia transversal maxilar mediante el análisis PENN en pacientes adultos utilizando tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

Los resultados obtenidos mediante el análisis PENN permitieron identificar de manera objetiva la discrepancia transversal maxilar en la totalidad de los pacientes evaluados. Las mediciones del ancho basal maxilar y mandibular, así como la diferencia transversal, evidenciaron la presencia de alteraciones transversales con distintos grados de severidad, confirmando la utilidad del análisis para establecer el diagnóstico de colapso maxilar en pacientes adultos.

Asimismo, la clasificación del ancho transversal permitió diferenciar los casos con ancho maxilar aumentado de aquellos con ancho transversal estrecho, facilitando la identificación de los pacientes con mayor compromiso esquelético. Estos hallazgos demuestran que el análisis PENN constituye una herramienta diagnóstica confiable para valorar la discrepancia transversal y orientar la planificación del tratamiento ortodóncico.

Objetivo específico 2. Evaluar la compensación dentoalveolar mediante el análisis MINER en pacientes adultos utilizando tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

La evaluación mediante el análisis MINER permitió identificar las compensaciones dentoalveolares presentes en los primeros molares superiores e inferiores, evidenciando variaciones en la inclinación dentaria que reflejan mecanismos adaptativos frente a la discrepancia transversal. La distribución de las inclinaciones vestibulares, palatinas y linguales confirmó que las compensaciones dentarias son frecuentes en pacientes con alteraciones transversales.

Además, la interpretación de los patrones de inclinación mostró una estrecha relación con la condición transversal determinada por el análisis PENN, demostrando que ambos métodos proporcionan información complementaria para comprender la magnitud de la alteración transversal y diferenciar las compensaciones dentarias de las discrepancias esqueléticas.

Objetivo específico 3. Determinar el tipo de expansión maxilar indicada a partir de la integración de los análisis PENN y MINER en pacientes adultos evaluados mediante CBCT.

La integración de los análisis PENN y MINER permitió establecer de forma objetiva el tipo de expansión maxilar más apropiado para cada paciente. Aunque todos los casos presentaron indicación de expansión maxilar, fue posible diferenciar aquellos que requerían expansión dentoalveolar de los que necesitaban expansión esquelética, de acuerdo con las características anatómicas y las compensaciones dentarias identificadas.

Asimismo, las asociaciones observadas entre la clasificación transversal, la inclinación dentoalveolar y el tipo de expansión evidenciaron que la combinación de ambos análisis mejora la precisión diagnóstica y favorece una planificación terapéutica individualizada. Esto contribuye a seleccionar alternativas de tratamiento más acordes con las necesidades específicas de cada paciente y reduce el riesgo de decisiones clínicas basadas únicamente en criterios bidimensionales.

Recomendaciones

Se recomienda incorporar de forma rutinaria la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y la aplicación conjunta de los análisis PENN y MINER en la evaluación de pacientes adultos con sospecha de discrepancia transversal maxilar, con el propósito de obtener un diagnóstico más preciso y una planificación terapéutica fundamentada en evidencia tridimensional.

Se sugiere que los ortodoncistas realicen una valoración integral de las estructuras esqueléticas y de las compensaciones dentoalveolares antes de indicar cualquier procedimiento de expansión maxilar, evitando que la decisión terapéutica se base únicamente en la evaluación clínica o en estudios radiográficos bidimensionales.

Se recomienda desarrollar investigaciones con muestras de mayor tamaño y provenientes de diferentes centros de atención odontológica, con el fin de ampliar la evidencia científica sobre la aplicación de los análisis PENN y MINER en distintas poblaciones y mejorar la capacidad de generalización de los resultados.

Se propone realizar estudios longitudinales que evalúen la estabilidad clínica y radiográfica de los diferentes tipos de expansión maxilar determinados mediante los análisis PENN y MINER, permitiendo conocer la evolución de los pacientes y la efectividad de los tratamientos a mediano y largo plazo.

Finalmente, se recomienda fortalecer la formación académica y la educación continua de los profesionales en ortodoncia sobre la interpretación de los análisis tridimensionales mediante CBCT, promoviendo el uso de herramientas diagnósticas objetivas que contribuyan a optimizar la toma de decisiones clínicas y mejorar los resultados del tratamiento ortodóncico.

11. Referencias

Albalawi, F., Alwakeel, R., Alfuriji, S., Alqahtani, N. D., Barakeh, R. M., AlGhaihab, A., & Alsaeed, S. (2023). A correlation analysis between arch width and molar inclination using cone-beam computed tomography transverse measurements: A cross-sectional study. *Diagnostics, 13*(11), 1875. https://doi.org/10.3390/diagnostics13111875

Alpaydın, M. T., Alpaydın, T., & Erzayın, B. (2025). Is there a difference between dental measurements on conventional plaster models and digital models? *Essentials of Dentistry, 4*, Article 0019. https://doi.org/10.5152/EssentDent.2025.25019

Angelieri, F., Franchi, L., Cevidanes, L. H. S., Bueno-Silva, B., & McNamara, J. A., Jr. (2016). Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. *Dental Press Journal of Orthodontics*.

Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.ª ed.). Editorial Episteme.

Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación* (3.ª ed.). Grupo Editorial Patria.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3.ª ed.). Pearson Educación.

Betts, N. J., & Scully, J. R. (2009). Transverse maxillary distraction osteogenesis. In R. J. Fonseca, R. D. Marciani, & T. A. Turvey (Eds.), *Oral and maxillofacial surgery* (2nd ed., Vol. 3, pp. 219–237). Saunders Elsevier.

Betts, N. J., Vanarsdall, R. L., Barber, H. D., Higgins-Barber, K., & Fonseca, R. J. (1995). Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery, 10*(2), 75–96.

Chen, S., Zou, Y., Chen, Z., Wang, Z., Yu, Q., Cai, J., Chen, L., Xu, L., & Lin, H. (2026). Comparative reliability and agreement of CBCT-based measurement approaches for assessing maxillary transverse deficiency. *BMC Oral Health, 26*, 648. https://doi.org/10.1186/s12903-026-08107-x

Chen, Z., Guo, R., Qin, Q., Feng, J., Zheng, Y., & Li, W. (2025). Transverse analysis of maxillary transverse deficiency and sagittal skeletal patterns: A cone-beam computed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 168*(3), 317–326.e3. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2025.04.001

Choi, J. Y., Chaudhry, K., Parks, E., & Ahn, J. H. (2020). Prevalence of posterior alveolar bony dehiscence and fenestration in adults with posterior crossbite: A CBCT study. *Progress in Orthodontics, 21*, Article 8. https://doi.org/10.1186/s40510-020-00308-6

Coşkun, İ., & Kaya, B. (2019). Appraisal of the relationship between tooth inclination, dehiscence, fenestration, and sagittal skeletal pattern with cone beam computed tomography. *The Angle Orthodontist, 89*(4), 544–551. https://doi.org/10.2319/050818-344.1

Diez-Rodrigálvarez, D., Bonilla-Morente, E., & López-Jiménez, A.-J. (2026). Transverse diagnosis and CBCT technology: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine, 15*(2), Article 868. https://doi.org/10.3390/jcm15020868

Enlow, D. H., & Hans, M. G. (1996). *Essentials of facial growth*. W. B. Saunders.

Fan, Y., Li, Y., Fan, M., Lin, Y., Xu, J., Li, Z., & Luo, J. (2024). Successful treatment for an adult with bilateral posterior teeth crossbite by miniscrew-assisted rapid palatal expansion: A case report. *Clinical Case Reports, 12*(8), Article e9216. https://doi.org/10.1002/ccr3.9216

Feștilă, D., Enache, A. M., Nagy, E. B., Hedeșiu, M., & Ghergie, M. (2022). Testing the accuracy of Pont's index in diagnosing maxillary transverse discrepancy as compared to the University of Pennsylvania CBCT analysis. *Dentistry Journal, 10*(2), Article 23. https://doi.org/10.3390/dj10020023

Garib, D. G., Henriques, J. F. C., Janson, G., de Freitas, M. R., & Fernandes, A. Y. (2006). Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: A computed tomography evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 129*(6), 749–758. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.02.021

Graber, L. W., Vig, K. W. L., Huang, G. J., & Fleming, P. S. (Eds.). (2023). *Orthodontics: Current principles and techniques* (7th ed.). Elsevier.

Guerra González, A., Fernández López, A., Tavira Fernández, S., Meléndez Ocampo, A., & Escamilla Valencia, J. (2018). Sensibilidad y especificidad de un análisis radiográfico, tomográfico y de modelos digitales en la determinación de discrepancias transversales. *Revista Mexicana de Ortodoncia, 6*(1), 28–34. https://doi.org/10.22201/fo.23959215p.2018.6.1.64562

Gürler, G., Kaptan Akar, N., Delilbaşı, Ç., & Kaçar, İ. (2018). Skeletal changes following surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME). *European Oral Research, 52*(2), 94–98. https://doi.org/10.26650/eor.2018.465

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Jing, W.-D., Xu, L., Li, X.-T., Xu, X., Jiao, J., Hou, J.-X., & Wang, X.-X. (2021). Prevalence of and risk factors for alveolar fenestration and dehiscence in the anterior teeth of Chinese patients with skeletal Class III malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 159*(3), 312–320. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.11.018

Kim, S.-J., Kim, K.-H., Yu, H.-S., & Baik, H.-S. (2014). Dentoalveolar compensation according to skeletal discrepancy and overjet in skeletal Class III patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 145*(3), 317–324.

Kong, L., Liu, Y., Zhou, X., He, H., & Liu, Z. (2024). Responsiveness of three measurements in cone-beam computed tomography transverse analyses during both tooth-supported and mini-screw-assisted rapid maxillary expansion. *The Angle Orthodontist, 94*(1), 39–50. https://doi.org/10.2319/031023-162.1

Lalangui Matamoros, J., Juca Guamán, C., Molina Alvarado, A., Lasso Cabrera, G., Yunga Picón, Y., & Barzallo Sardi, V. (2020, December 5). Métodos diagnósticos para estudio de anomalías dentomaxilares en sentido transversal: Revisión bibliográfica. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2020/art-68

Lee, K. J., Jeon, H. H., Boucher, N., & Chung, C.-H. (2022). Transverse analysis of maxilla and mandible in adults with normal occlusion: A cone beam computed tomography study. *Journal of Imaging, 8*(4), Article 100. https://doi.org/10.3390/jimaging8040100

Lin, L., Ahn, H.-W., Kim, S.-J., Moon, S.-C., Kim, S.-H., & Nelson, G. (2015). Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *The Angle Orthodontist, 85*(2), 253–262. https://doi.org/10.2319/030514-156.1

Malhotra, N. K. (2008). *Investigación de mercados* (5.ª ed.; M. E. Salinas, Trad.). Pearson Educación.

McNamara, J. A., Jr., Brudon, W. L., & Kokich, V. G. (2001). *Orthodontics and dentofacial orthopedics*. Needham Press.

Miner, R. M., Al Qabandi, S., Rigali, P. H., & Will, L. A. (2012). Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 142*(3), 300–307. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.04.014

Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación: Diseño y ejecución*. Ediciones de la U.

Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B. E., & Sarver, D. M. (2019). *Contemporary orthodontics* (6th ed.). Elsevier.

Ríos Ramírez, R. (2017). *Metodología para la investigación y redacción*. Servicios Académicos Intercontinentales S. L.

Rodríguez Alayza, S. B. (2023). *Diagnóstico transversal mediante el análisis de Penn, el análisis de Miner y el análisis de Yonsei, en tomografías de pacientes de 15 a 35 años, Arequipa 2022* [Tesis de segunda especialidad, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Santa María. https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/245208c6-1e0b-4c87-b4e2-a0a4473259d6

Rossi, D., Cantarella, D., Karanxha, L., Mancini, E. G., Cullati, F., & Moon, W. (2022). Single-incision mini-invasive surgery for miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *Advances in Oral and Maxillofacial Surgery, 8*, Article 100380. https://doi.org/10.1016/j.adoms.2022.100380

Sawchuk, D., Currie, K., Lagravère Vich, M., Palomo, J. M., & Flores-Mir, C. (2016). Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *The Korean Journal of Orthodontics, 46*(5), 331–342. https://doi.org/10.4041/kjod.2016.46.5.331

Sun, L., Zhang, L., Shen, G., Wang, B., & Fang, B. (2015). Accuracy of cone-beam computed tomography in detecting alveolar bone dehiscences and fenestrations. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 147*(3), 313–323. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.10.032

Thi Hong Thuy, P., Thu Trang, P., Thi Thu Hang, P., & Viet, H. (2025). Clinical and cone-beam computed tomography outcomes of miniscrew-assisted rapid palatal expansion in the treatment of maxillary transverse deficiency: A prospective study. *Medicine, 104*(38), Article e44684. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000044684

Valdivia López, M. A. (2024). *Análisis transversal con el estudio de Penn, el estudio de Miner y el estudio de CWRU, en tomografías, Arequipa 2023* [Tesis de segunda especialidad, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica de Santa María. https://hdl.handle.net/20.500.12920/14472

Venkatesh, E., & Elluru, S. V. (2017). Cone beam computed tomography: Basics and applications in dentistry. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry, 51*(3 Suppl 1), S102–S121.

Xue, H., Qi, Y., Ni, X., Feng, Y., & Lin, J. (2026). Efficiency of cone-beam computed tomography-based personalized microimplant-assisted rapid palatal expansion in patients with maxillary transverse deficiency and thin palatal bone. *International Dental Journal, 76*(1), Article 109307. https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.109307

Ye, G., Li, Q., Guo, Z., Yu, X., Xu, Y., Ding, W., Wang, H., & Yu, M. (2024). Comparative evaluation of transverse width indices for diagnosing maxillary transverse deficiency. *BMC Oral Health, 24*, Article 808. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04580-4

Yu, J., Yu, L., Wei, B., Chen, Y., & Zhang, Z. (2017). In the teaching of oral and maxillofacial medical imaging with CBCT technology. *Biomedical Research, 28*(Special Issue), S90–S95.

Zhang, C., Guo, Q., Liu, W., Tang, Y., & Yuan, R. (2023). Maxillary transverse deficiency diagnosed by 3 methods and its relationship with molar angulation in patients with skeletal Class III

malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 164*(1), 5–13. https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2022.09.015

12. Anexos

FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TEMA: Selección del mecanismo de expansión maxilar más adecuado para la corrección de la hipoplasia transversal del maxilar basada en los análisis PENN y MINER.

Fuente de datos: Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT)

Centro radiológico: _____

Periodo del estudio: 2024–2025

I. DATOS GENERALES DEL PACIENTE

Código del paciente: _____

Edad: _____ años

Sexo: ☐ Masculino ☐ Femenino

Fecha del estudio CBCT: ____ / ____ / _____

Evaluador: _____

II. EVALUACIÓN ESQUELÉTICA TRANSVERSAL – ANÁLISIS PENN

Parámetro	Valor	Observaciones
Ancho basal del maxilar (mm)	_____	
Presencia de hipoplasia transversal	☐ Sí ☐ No	

III. EVALUACIÓN DENTOALVEOLAR – ANÁLISIS MINER

Parámetro	Derecho	Izquierdo	Observaciones

Ángulo de inclinación molar (°)	_____	_____

IV. INTEGRACIÓN DIAGNÓSTICA PARA SELECCIÓN TERAPÉUTICA

Criterio	Selección	Observaciones
Necesidad de expansión maxilar	☐ Sí ☐ No	
Tipo de expansión indicada	☐ Expansión esquelética maxilar ☐ Expansión dentoalveolar	
Justificación diagnóstica (PENN + MINER)		

VI. OBSERVACIONES CLÍNICAS ADICIONALES

_____

_____

VII. VALIDACIÓN DEL REGISTRO

Evaluador: _____

Fecha: ____ / ____ / _____

☐ Registro completo ☐ Registro revisado ☐ Requiere verificación

Firma: _____

Managua, Nicaragua

Lunes, 23 de marzo de 2026

Estimado Dr. Roberto Gaitán

Especialista en Ortodoncia

Reciba un cordial y respetuoso saludo

Por medio de la presente, yo, Dra. María Gabriela del Socorro Arévalo Gutiérrez, ORCID: 0009-0000-8502-7381, estudiante de la Especialidad en Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo, me permito solicitar su valiosa colaboración en calidad de experto(a) en el área de Ortodoncia y/o Metodología de la Investigación, para la revisión y validación del siguiente instrumento de recolección de datos:

"Instrumento de registro para la evaluación diagnóstica del tipo de expansion más adecuado para el tratamiento de Ortodoncia " correspondiente al estudio titulado:

Selección del mecanismo de expansión maxilar para la corrección de la hipoplasia transversal del maxilar, basada en los análisis PENN y MINER en un centro radiológico de Managua, de UNICA, 2025-2026

El objetivo de esta solicitud es contar con su criterio profesional para determinar la pertinencia, claridad y adecuación técnica del instrumento antes de su aplicación en la fase de recolección de datos.

Agradezco profundamente el tiempo y la disposición brindada para contribuir al fortalecimiento científico de esta investigación.

Sin otro particular, agradeciendo de antemano su valiosa colaboración

Atentamente,

Dra. María Gabriela del Socorro Arévalo Gutiérrez

Orcid: 0009-0000-8502-7381

Estudiante de la Especialidad en Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial

Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo

Tutor científico:

Dr. Roberto Gaitán
Especialista en Ortodoncia

Dictamen del Experto Evaluador

Yo, Dr.(a) Roberto Gaitán,

declaro haber revisado el instrumento mencionado y considero que:

☐ Es válido para su aplicación.

☐ Es válido con observaciones.

☐ No es válido.

Observaciones:

Firma: _____

Fecha: 23-3-26

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DE PUBLICACIÓN

Yo, Maria Gabriela Del Socorro Arévalo Gutiérrez con cédula de identidad 041-170680-0008N, egresada de la especialidad de ortodoncia y ortopedia dentofacial de la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de nuestro trabajo personal, y toda la información que se presenta está libre de derechos de autor, por lo que, ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, nos hacemos responsables de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Cardenal Miguel Obando Bravo (UNICA).

Así mismo, autorizamos a UNICA por este medio, publicar la versión aprobada de nuestro trabajo de investigación, bajo el título:

Selección del mecanismo de expansión transversal del maxilar, basada en los análisis PENN y MINER en un centro radiológico de Managua, 2024-2025 en el campus virtual y en otros espacios de divulgación, bajo la licencia Atribución-No Comercial-Sin derivados, irrevocable y universal para autorizar los depósitos y difundir los contenidos de forma libre e inmediata.

Todo esto lo hacemos desde nuestra libertad y deseo de contribuir a aumentar la producción científica. Para constancia de lo expuesto anteriormente, se firma la presente declaración en la ciudad de Managua, Nicaragua a los XXXX días del mes XXXX de 2023.

Atentamente,

[Nombre y apellidos]

[Correo electrónico]

Firma: _____

[Nombre y apellidos]

[Correo electrónico]

Firma: _____

[Nombre y apellidos]

[Correo electrónico]