



**Universidad
Europea**

MÁSTER en ORTODONCIA AVANZADA

- TRABAJO FIN DE MÁSTER -

**Predicción de la expansión intercanina y la extrusión
del incisivo central del sistema Invisalign en pacientes
con mordidas abierta anterior.**

Presentado por:

Raquel Marco Méndez.

Tutor:

Javier García Cortes.

Julio 2023

RESUMEN

El objetivo principal es comparar en pacientes con mordida abierta leve o moderada la expansión que se ha producido entre cúspides de caninos de la arcada superior respecto a lo programado por Invisalign que se va a producir. Para ver si la expansión programada es predecible.

Como objetivos secundarios observaremos el movimiento del incisivo central superior (1.1), cuanta extrusión se ha producido. Ver si la expansión y la extrusión tiene alguna relación.

Analizando las superposiciones de STL en 15 pacientes del inicio y primera etapa del tratamiento con el programa nemocast y las superposiciones del primer y segundo Clincheck con el software de Invisalign. Hemos medido la distancia entre caninos y la extrusión producida en la pieza 1.1.

Todos los pacientes usaban multiataches optimizados de extrusión.

Ambos resultados los hemos comparado con lo programado en el Clincheck de invisalign

Se observó que la expansión con invisalign a nivel intercanina tiene una predictibilidad de casi 82,5%. Obtuvimos que la extrusión de la pieza 1.1 respecto a la programada fue de un 45%. No hayamos relación entre la expansión y la extrusión.

La expansión intercanina programada por el sistema Invisalign se acerca bastante a la expansión medida en los STL con el programa Nemocast.

La superposición de STL es una herramienta que nos puede servir para observar lo que se está produciendo frente a lo programado.

La expansión intercanina forma parte de la biomecánica de la mordida abierta anterior. La extrusión sigue siendo uno de los movimientos menos predecibles.

ABSTRACT

The main objective is to compare, in patients with mild or moderate open bite, the expansion that has occurred between the canine cusps of the upper arch with respect to what is programmed by Invisalign to occur. To see if the scheduled expansion is predictable.

As secondary objectives we will observe the movement of the upper central incisor (1.1), how much extrusion has occurred. See if expansion and extrusion have any relationship.

Analyzing the STL overlaps in 15 patients from the beginning and first stage of treatment with the nemocast program and the overlaps of the first and second Clincheck with the Invisalign software. We have measured the distance between canine teeth and the extrusion produced in piece 1.1.

All patients used optimized extrusion multiattachments.

We have compared both results with what was programmed in the invisalign Clincheck. It was observed that the expansion with invisalign at the intercanine level has a predictability of almost 82.5%. We obtained that the extrusion of part 1.1 with respect to the programmed was 45%. There is no relationship between expansion and extrusion. The intercanine expansion programmed by the Invisalign system is quite close to the expansion measured in the STL with the Nemocast program.

The STL overlay is a tool that can be used to observe what is being produced against what is scheduled.

Intercanine expansion is part of the biomechanics of the anterior open bite. The extrusion remains one of the least predictable movements.

Agradecimientos.

A mis compañeros que sin ellos estos tres años no hubieran sido lo mismo, por su apoyo, sus risas y todos los momentos inolvidables que hemos pasado.

A mis padres y hermana que sin ellos no sería nada de lo que soy, ni tendría lo que tengo.

A mis amigos que están cansados de mis másteres y mis estudios y quieren que recupere mi vida normal

A Iván por aguantar mi estrés, mi mal humor a veces y apoyarme siempre con todo.

A mi profesora Gema por haber confiado en mí.

A mis compañeras de box por haber compartido la aventura con nuestros pacientes.

A mi tutor Javier por haber confiado en mi en la distancia y haberme dejado sus claves de sus cuentas, e impulsarme a este nuevo mundo digital.

A Susana por revisarme el trabajo.

INTRODUCCIÓN	7
1. Características y etiología de la mordida abierta.	7
2. Clasificación de la Mordida Abierta.	8
3. Rasgos clínicos de los pacientes con mordida abierta anterior.	9
4. Clasificación de la Mordida Abierta Anterior.	9
5. Características del sistema Invisalign.	11
6. ¿Porque tratar esta maloclusión con Invisalign?	12
7. ¿Cuándo es favorable tratar las mordidas abiertas con alineadores?	14
8. Biomecánica del tratamiento de mordida abierta con alineadores.	14
9. Predictibilidad en el sistema Invisalign.	19
JUSTIFICACIÓN.	24
HIPOTESIS DEL TRABAJO	25
OBJETIVOS	26
METODOLOGÍA	27
ANALISIS DE DATOS.	34
RESULTADOS.	36
Software INVISALIGN.....	36
Software Nemocast / Invisalign.....	41
Medidas de pieza 1.1	41
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES.	49
BIBLIOGRAFIA.	50

Índice de Figuras.

Fig. 1. Cefalometría de paciente con mordida abierta dental y mordida abierta esquelética.	10
Fig. 2 Imagen de artículo Morales-Burruezo I, Gandía-Franco JL, Cobo J, Vela-Hernandez A, Bellot-Arcis	13
Fig. 3 Biomecánica en el tratamiento de la mordida abierta.	14
Fig. 4 Protocolo Dra. Linda Crawford.....	15
Fig. 5 Tipos de sonrisa: baja, a media altura y alta.	15
Fig. 6 Extrusión relativa (Palma S, Lozano Zafra.J Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.l 2022).	16
Fig. 7 Extrusión pura. (Palma S, Lozano Zafra.J. Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.l 2022).	16
Fig. 8 Intrusión posterior. (Palma S, Lozano Zafra.J Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.l 2022).	17
Fig. 9 Anterorrotación Mandibular. (Palma S, Lozano Zafra.J Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.l 2022).	17
Fig. 10 Ataches optimizados para extrusión anterior.	18
Fig. 11 Imagen de Predictibilidad de rotación, sistema Invisalign.....	21
Fig. 12 Imagen del programa Nemocast, importacion de STL.	28
Fig. 13 Imagen de superposicion de STL con el programa Nemocast.	29
Fig. 14 Imagen de orientación de los modelos.	29
Fig. 15 Imagenes de los programas Nemocast y Clincheck de Invisalign. Formas de medir.	30
Fig. 16 Imagen del programa Nemocast.....	31
Fig. 17 Superposición y medición de la extrusión con ambos programas.	32
Fig. 18 Gráfico de regresión lineal 1	36
Fig. 19 Gráfico de regresión lineal 2.	37
Fig. 20. Gráfico de regresión lineal 3.	39
Fig. 21.Gráfico de regresión lineal 4.	40
Fig. 22. Gráfico de regresión lineal 5.	42

Abreviaturas.

STL: Formato de archivo digital en el que se descargan los modelos digitalizados de los pacientes.

Índice de tablas.

Tabla 1.Diferencias entre mordida abierta dental y esqueletal.....	10
Tabla 2 Mecanismos de movimiento dental.....	11
Tabla 3. Complejidad en el sistema Invisalign.....	12
Tabla 4. Clasificación por el sistema Invisalign los tratamientos de mordida abierta. ..	14
Tabla 5. Predictibilidad en los movimientos verticales.....	19
Tabla 6 Medidas del ancho intercanino desde el Clincheck de Invisalign.....	36
Tabla 7 Análisis de varianza 1. Software de Invisalign. Variables x/y.....	37
Tabla 8 Análisis de varianza 2. Software Invisalign. Variables y/z.....	38
Tabla 9 Medidas anchura canina, a traves de STL con el programa Nemocast y medida programada por el sistema.....	38
Tabla 10 Análisis de Varianza 3.Programa Nemocast, variable x/y.....	39
Tabla 11 Analisis de varianza 4. Progama Nemocast variables y/z.....	40
Tabla 12 Test de Shapiro - Wilk.....	41
Tabla 13 Medidas de extrusión, programa Nemocast y extrusion programada por el clinchek.....	41
Tabla 14 Análisis de varianza 5. Extrusión del incisivo. Variables x/y.....	42
Tabla 15 Medidas de expansión total, y extrusión.....	43

INTRODUCCIÓN.

En este momento en el que el mercado de alineadores no para de crecer, el sistema Invisalign es el más veterano, sigue siendo el sistema más empleado por los ortodoncistas de todo el mundo, y el que transmite más confianza a la hora de tratar.

Por lo que nos centraremos en este sistema de alineadores para estudiar la biomecánica empleada para tratar la maloclusión de mordida abierta; que es la empleada también en la mayoría de los alineadores.

1. Características y etiología de la mordida abierta.

La mordida abierta es de las maloclusiones más frecuentes y fáciles de observar por los ortodoncistas, y los que no tienen nada que ver con el mundo de la odontología, ya que produce problemas de fonación, masticación, deglución, estéticos, y suele acompañarse de disfunción articular.

Es más frecuente en la infancia, en dentición temporal y mixta, va disminuyendo conforme vamos creciendo ya que se van dejando hábitos orales, disminuye el tejido linfóide, y desaparece la deglución infantil en la edad adulta ³

Suele ser más frecuente en la raza negra, predomina en las mujeres, y el 25% de los tratamientos de esta maloclusión puede recidivar ³

La mordida abierta se caracteriza porque los dientes o solo un único diente, no entra en contacto con sus antagonistas, se puede observar en los incisivos y puede llegar a presentarse hasta en las últimas piezas dentarias²⁶. Los incisivos inferiores pueden estar cubiertos verticalmente por los incisivos superiores, y éstos no tener contacto con el borde incisal de los incisivos inferiores⁴.

Se puede desarrollar por la interacción de varios factores etiológicos: puede tener su origen en un factor ambiental, por ejemplo, uso prolongado del chupete, succión digital, deglución atípica; en la erupción dental por causa de dientes anquilosados o traumas, un crecimiento muscular poco proporcionado o una función neuromuscular anormal relacionada con una mala función lingual.

En la obstrucción nasofaríngea en pacientes con hipertrofia amigdalina, presencia de hipertrofia adenoidea, o vía aérea estrecha. La presencia de un factor genético como un patrón de crecimiento hiperdivergente, o un tamaño de dientes grandes, también puede producirla⁹.

2. Clasificación de la Mordida Abierta.

Según la localización pueden ser:

- Mordida Abierta Posterior.

Se caracteriza por la infraerupción de los segmentos laterales, afectando a molares y premolares, estos no contactan entre cuadrantes, si hay contacto anterior entre incisivos.

- Mordida Abierta Completa.

Solo presenta un contacto a nivel de las últimas piezas dentarias³
Existe inoclusión anterior como posterior.

- Mordida Abierta Anterior.

No hay contacto a nivel vertical entre los incisivos.

La sobremordida correcta es de 1/3 o 2-3 mm.

Cuando los incisivos superiores cubren menos de 2- 3 mm la cara vestibular de los inferiores; o por decirlo de otra manera, la sobremordida es inferior al 1/3; existe mordida abierta anterior⁹.

1. El resalte vertical normal es de 1 a 2 mm, en el caso que presente valores menores será considerada como una mordida abierta leve.
2. Si existe una separación vertical de entre 0 a 1 mm presenta una mordida abierta moderada.
3. Valores de 3 a 4 mm, es una mordida abierta severa.
4. Más de 4 mm se considera mordida abierta extrema¹³.

3. Rasgos clínicos de los pacientes con mordida abierta anterior.

- Cara alargada.
- Labios incompetentes, no pueden hacer un buen sellado.
- Musculatura perioral disfuncional
- Labio superior plano.
- No presentan surco nasolabial marcado.
- Falta de proyección anterior del mentón.

Esta maloclusión viene ligada con disfunciones de la articulación temporomandibular (ATM), dolor y chasquido articular¹³.

4. Clasificación de la Mordida Abierta Anterior.

Podemos diferenciar mordida abierta dental, donde el crecimiento tanto del maxilar como de la mandíbula van a ser normales; y esquelético resultado de una guía de crecimiento hiperdivergente.⁴

La mordida abierta dental o dentaria:

No va asociada a un patrón de crecimiento esquelético vertical. Se presenta de canino a canino, los incisivos se van a encontrar protruidos y proinclinados. Está asociada con mucha frecuencia a la presencia de un hábito.⁴

La mordida abierta anterior esquelética:

El patrón de crecimiento es hiperdivergente, suelen ser pacientes dolicofaciales con aspecto de cara larga; presentan un ángulo goniaco y plano mandibular exagerados, altura facial anteroinferior aumentada y la altura facial anterosuperior disminuida, normalmente suele ir acompañado de retrusión mandibular y una base craneal anterorrotada.⁴

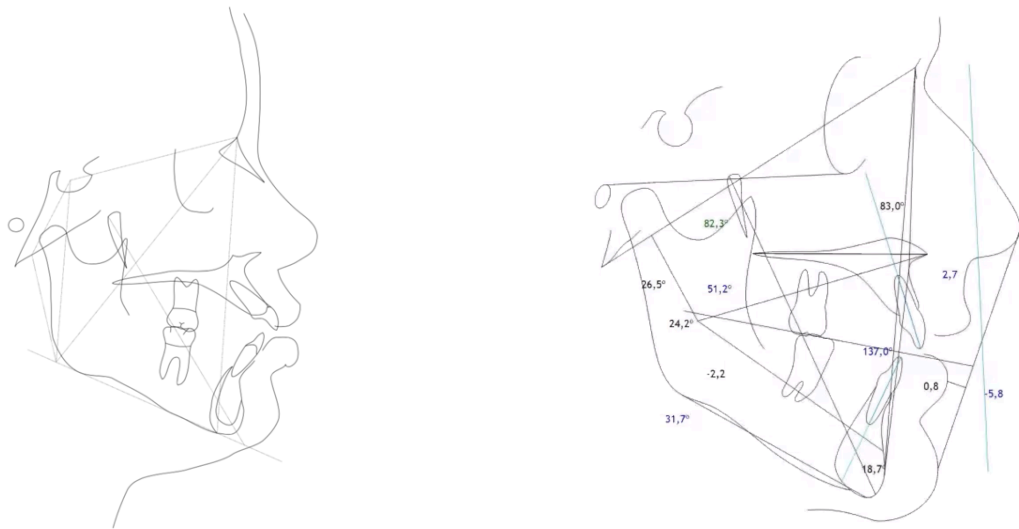


Fig. 1. Cefalometría de paciente con mordida abierta dental y mordida abierta esquelética.

Mordida Abierta Dental.	Mordida Abierta Esquelética.
Diastemas anteriores en el maxilar superior.	Problema transversal de origen basal en el maxilar
Incisivos superiores vestibulizados.	Cuerpo mandibular y rama pequeñas.
La altura facial anteroinferior puede o no estar aumentada.	La altura facial anteroinferior aumentada mientras que la
	altura facial anterosuperior se encuentra disminuida
No hay afectación de las bases óseas.	Retrusión mandibular.
No hay contactos dentarios entre los dientes anteriores.	Inclinación de la base del cráneo.
Puede existir o no desproporción facial.	Hay desproporción facial
No hay exceso de crecimiento vertical.	Patrón facial dolicofacial e hiperdivergente
Ángulo goníaco puede o no ser obtuso.	Ángulo goníaco obtuso.
Plano palatino puede estar o no inclinado.	Plano palatino inclinado anterorrotado.
Ángulo del plano mandibular puede estar o no aumentado	Ángulo del plano mandibular aumentado, asociado a una
	mandíbula posterorrotada
Aumento de la función de los músculos de la región	Disfunción de los músculos de la región perioral.
perioral.	
Se pueden identificar los factores etiológicos.	No se pueden identificar los factores etiológicos.

Tabla 1. Diferencias entre mordida abierta dental y esquelética.

5. Características del sistema Invisalign.

El sistema Invisalign se basa en los principios publicados en 1946 por Kesling: empezó a realizar pequeños movimientos dentales con una serie de alineadores removibles de poliuretano Ex30 y de un espesor de 0,030” denominados alineadores secuenciados transparentes (AST), utilizando un sistema computarizado CAD-CAM¹⁴.

Al programa informático característico del sistema Invisalign que nos permite realizar la simulación virtual tridimensional del tratamiento del paciente se denomina Clincheck.

El clínico puede ver la oclusión final que predice el programa antes de iniciar el tratamiento, además puede ver los movimientos que se producen en cada alineador, tanto virtualmente como en la tabla de movimientos y así poder corregir o sobre corregir, para alcanzar los objetivos deseados³³.

Este sistema presenta 3 herramientas principales en su mecanismo de movimiento dental,

SmartForces.	SmartStage.	SmarTrack.
<p>Características del propio alineador, que hace que ejerzan fuerzas simples o complejas a los dientes y ayudan a producir los movimientos.</p> <p><u>Intrínsecas en el alineador:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Power Ridges. - Áreas de Presión. - Rampas de precisión. <p><u>Cementadas en los dientes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ataches optimizados - Ataches convencionales (a elección del doctor). 	<p>Secuencias de movimientos que son calculado por el software para que, al ejercer el sistema de fuerzas, estos movimientos se produzcan lo más parecido a lo que predice el sistema.</p> <p>Intenta eliminar interferencias entre los movimientos.</p>	<p>Es el tipo de material con el que es fabricado el alineador.</p> <p>Poliuretano termoplástico (TPU).</p> <p>Multicapa.</p> <p>Espesor 0,76 mm (030”).</p>

Tabla 2 Mecanismos de movimiento dental.

6. ¿Porque tratar esta maloclusión con Invisalign?

La selección de casos es uno de los factores críticos para el tratamiento exitoso con alineadores transparentes.

Al evaluar la dificultad del caso, es bueno practicar para formular sistemáticamente una lista de problemas de acuerdo a varias dimensiones: discrepancias verticales, discrepancias transversales y discrepancias anteroposteriores.

En las mordidas abiertas destacan las discrepancias verticales, pero también están presentes transversales y anteroposteriores, por eso es muy importante tener claro el diagnóstico y objetivos del tratamiento. El tratamiento se clasifica en tres tipos: sencillo, intermedio o complejo.

Sencillo	1	Tratamientos sencillos o tratamientos con resultados más predecibles
Intermedio	2	Tratamientos de dificultad moderada o tratamientos con resultados variables
Complejo	3	Tratamientos más complejos o tratamientos con resultados menos predecibles

Los colores (verde, azul y negro) se utilizan para ayudarle a evaluar la complejidad de su caso en caso de utilizar el sistema Invisalign.

Tabla 3. Complejidad en el sistema Invisalign.

Align Technology, nombre de la empresa que fabrica el sistema invisalign, anunció en 2012 su innovación G4, la cual incluye ataches extrusivos anteriores multidentales para la corrección de mordida abierta anterior.

En el tratamiento con aparato fijo convencional, la sobremordida y el resalte incisivo tienden a disminuir a medida que los incisivos se proclinan durante el alineamiento. Esta terapia puede ser favorable cuando la maloclusión inicial presenta mordida profunda con resalte e incisivo aumentado. Sin embargo, puede no ser favorable si la maloclusión inicial presenta sobremordida y resalte de incisivos disminuidos¹¹.

Además, con los brackets convencionales se corre el riesgo de la extrusión de molares posteriores y aumento del ángulo del plano mandibular cosa que no beneficia a los pacientes hiperdivergentes¹⁵.

Con los alineadores la extrusión molar queda controlada⁸; el espesor de los alineadores de plástico en la superficie oclusal, rampas de mordida que se pueden incluir en el alineador a modo de tope, más las fuerzas de masticación del paciente, ejercen una fuerza intrusiva en los dientes posteriores, con unos resultados muy buenos³².

Además, los alineadores han mejorado su biomecánica y pueden conseguir mayor extrusión de incisivos superiores e inferiores favoreciendo la corrección de esta maloclusión²¹.

Es frecuente que en las mordidas abiertas exista problema transversal en la arcada superior, debido a que se desarrolla menos el tercio superior, este problema puede ser esquelético o dentario. Si el origen es dentario se ha demostrado la eficacia de la expansión dentoalveolar con el sistema de invisalign¹³.

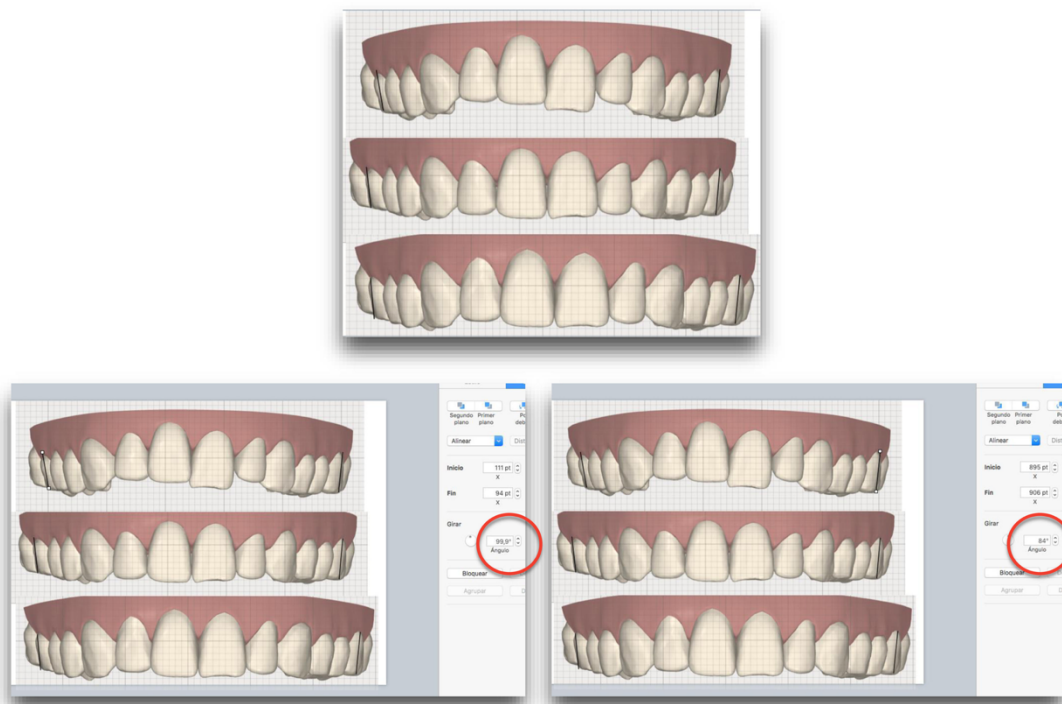


Fig. 2 Imagen de artículo Morales-Burruezo I, Gandía-Franco JL, Cobo J, Vela-Hernandez A, Bellot-Arcis

7. ¿Cuándo es favorable tratar las mordidas abiertas con alineadores?

- La mordida abierta es dental y no ósea.
- Los incisivos se encuentran proinclinados y hay espaciado presente.
- El arco maxilar es estrecho con dientes posteriores lingualmente inclinados que puedan ser expandidos.

Cuando son patrones hiperdivergentes se planifica intrusión posterior, sobretodo en molares maxilares, de modo que la mandíbula pueda rotar hacia arriba y hacia adelante para cerrar la mordida abierta anterior. Los molares inferiores también pueden ser intruidos en casos de que la maloclusión sea severa, aunque una intrusión mayor a 1mm puede requerir anclaje adicional en el hueso basal con dispositivos de anclaje temporales¹⁵.

Clasificación	Cirugía	Intrusión posterior*	Extrusión anterior
1 Sencillos	No	+ No	+ <2,5 mm
2 Intermedios	No	+ <1 mm	+ <2,5 mm
3 Complejos	Sí	o BIEN >1 mm	o BIEN >2,5 mm

Tabla 4. Clasificación por el sistema Invisalign los tratamientos de mordida abierta.

8. Biomecánica del tratamiento de mordida abierta con alineadores.

Dependiendo de la posición de los incisivos, su proinclinación, y de la compresión dentoalveolar posterior la mordida abierta se puede cerrar por expansión dentoalveolar o por retroinclinación de los incisivos o cierre de espacios, (Fig. 2 y 3).

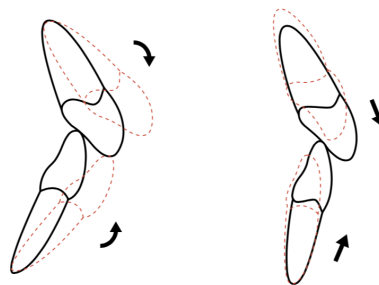


Fig. 3 Biomecánica en el tratamiento de la mordida abierta.

(Susana Palma, Javier Lozano Zafra. **Ortodoncia clínica con alinedores**. Lisermed Editorial S. Julio 2022.

Cuando existe compresión dentoalveolar posterior la mordida abierta se puede resolver por expansión, lo único que se debe evitar es el volcamiento de las coronas clínicas al realizar la expansión ya que esto podría aumentar la mordida abierta, (Fig. 4).



Muchos casos de mordida abierta presentan arcos estrechos con discrepancias transversales de molares, premolares y caninos. En dichos casos, siempre empiezo poniendo derechos lo dientes posteriores inclinados lingualmente sobre el hueso basal para conseguir una oclusión final y una salud periodontal del diente adecuadas.

Fig. 4 Protocolo Dra. Linda Crawford.

Para decidir también la mejor biomecánica debemos valorar la sonrisa del paciente, ya que una sonrisa gingival no nos permitirá realizar extrusión anterior de los incisivos superiores, habrá que realizar por intrusión posterior.

Una sonrisa baja sin embargo si permitirá extrusión anterior.

Debemos saber distinguir los tipos de sonrisa.

Tipo de sonrisa:



Sonrisa baja.	Sonrisa a media altura.	Sonrisa alta.
Visible 75% dientes antero-superiores.	Visible 75% a un 100% de dientes antero-superiores.	Visible 100% de dientes antero-superiores

Fig. 5 Tipos de sonrisa: baja, a media altura y alta.

Resumiendo, la biomecánica para la corrección de la mordida abierta anterior encontramos.

- Extrusión relativa.

Se obtiene después de la expansión; a la vez que expandes, retroinclinan los incisivos, te puedes ayudar con elásticos de clase II, (Fig.3)²⁵.

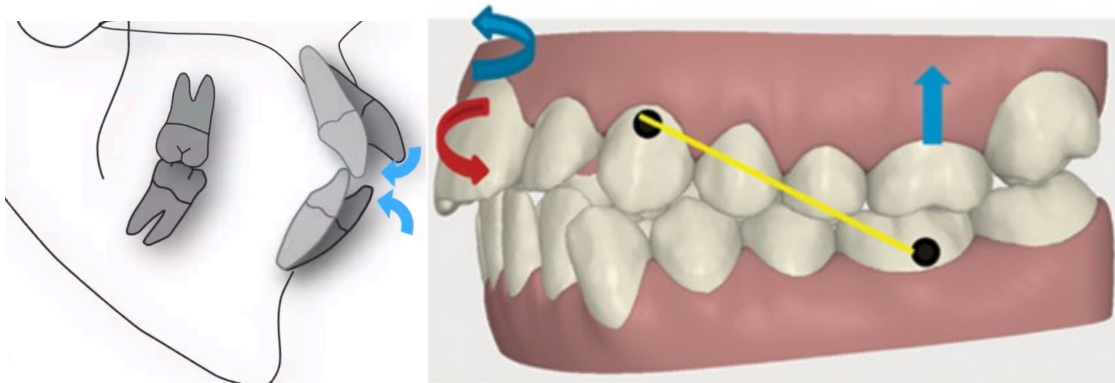


Fig. 6 Extrusión relativa (Palma S, Lozano Zafra.J Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.l 2022).

- Extrusión pura.

Usando multiataches optimizados de extrusión en los 4 incisivos. Bloqueando el sector posterior. Si necesitamos extrusiones mayores de 0,5 mm

Se debe de examinar la sonrisa del paciente, (Fig.4)²⁵.

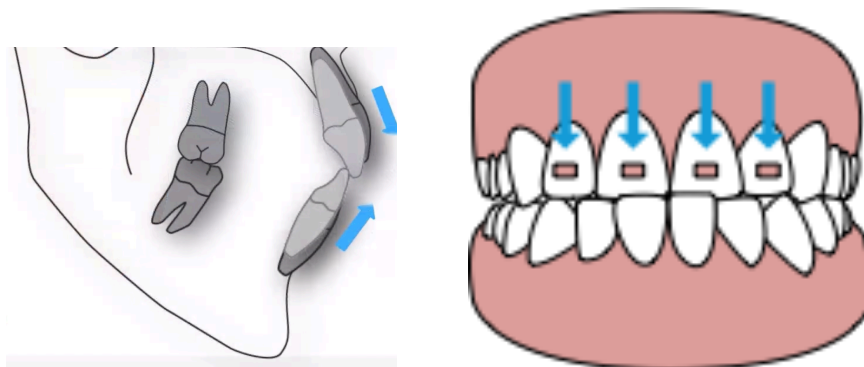


Fig. 7 Extrusión pura. (Palma S, Lozano Zafra.J. Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.l 2022).

- Intrusión posterior.

Las fuerzas de extrusión anterior e intrusión posterior se complementan, una fuerza de extrusión anterior creada por el alineador estará acompañada por una fuerza intrusiva en los dientes posteriores.

Que puede con llevar a una anterorrotación mandibular, (Fig. 7)²⁵.

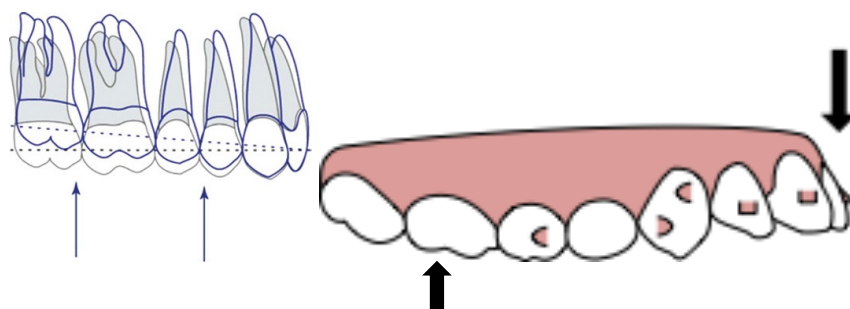


Fig. 8 Intrusión posterior. (Palma S, Lozano Zafra.J Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.I 2022).

Que puede con llevar a una anterorrotación mandibular.

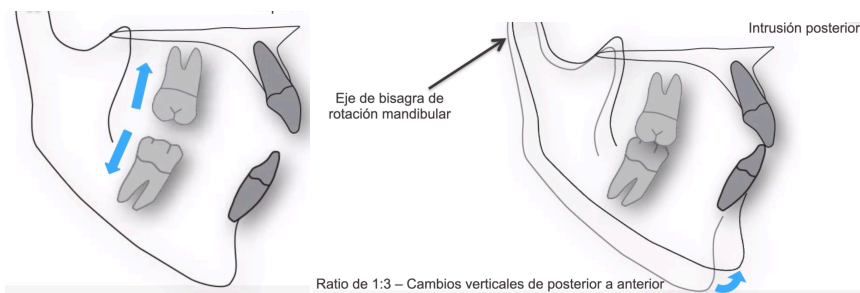


Fig. 9 Anterorrotación Mandibular. (Palma S, Lozano Zafra.J Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.I 2022).

La intrusión posterior genera un espacio, que por el eje de bisagra hace que se produzca una anterorrotación mandibular; el promedio de esto está en que por 1 mm de intrusión se produce un cambio vertical de hasta 3 mm. Cuanto más posterior es la intrusión más cambio a nivel anterior, (Fig. 8).

La retroinclinación de los incisivos superiores e inferiores, la extrusión pura de los incisivos, el control vertical, la no extrusión de los molares posteriores, la nivelación de

las curvas de Spee de ambas arcadas parecen ser los principales mecanismos para la corrección de esta maloclusión.

Harris et al han demostrado que el mecanismo principal de la corrección de la mordida abierta proviene de la retroinclinación de los incisivos, que representa un 60% del cierre de la mordida, esto es seguido por la autorrotación de la mandíbula causada por la intrusión de los dientes posteriores con un 30%. La combinación de ambos efectos muestra que la extrusión pura de los dientes anteriores contribuye a un 10% o menos de la corrección¹³.

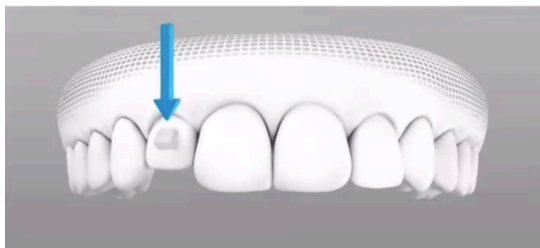
Para ayudarnos en la biomecánica, el software del sistema invisalign calculando el vector de la fuerza coloca en los dientes unos salientes que son pegados al diente con material tipo composite, llamados ataches optimizados que al entrar en contacto con el alineador mejoran el movimiento ya que se aplica más fuerza y en el sentido deseado para realizar este movimiento⁷.

Dependiendo del movimiento hay diferentes tipos de ataches, en las mordidas abiertas los más utilizados son:

Ataches optimizados para extrusión

Se colocan en caninos e incisivos superiores e inferiores, cuando la extrusión es de 0,5 mm y el rango de movimiento por alineador es de 0,25 mm. La extrusión puede ser de dientes individuales o como Extrusión Multidental de los cuatro incisivos superiores, haciendo más fuerza en los centrales que en los laterales (Fig. 9).

Optimized Extrusion Attachment: un solo diente anterior



Extrusión de los dientes anteriores superiores en bloque

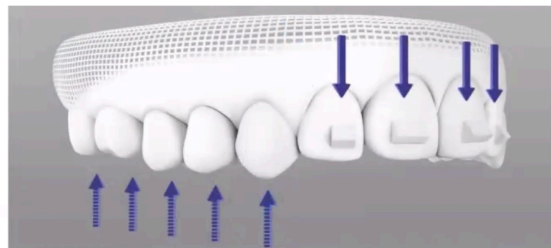


Fig. 10 Ataches optimizados para extrusión anterior.

Para los incisivos laterales superiores también existen los ataches optimizados multiplane movimientos: Sirve para extruir, inclinar y rotar la corona del incisivo lateral; cuando existe una extrusión pura desde 0,1 mm y puede asociarse rotación e inclinación.

Se produce un pequeño desajuste entre alineador-diente para que se pueda producir el movimiento de inclinación o tipping coronal.

9. Predictibilidad en el sistema Invisalign.

La tecnología de la ortodoncia digital abre una nueva puerta en el diagnóstico y la planificación del tratamiento, el análisis de los resultados del tratamiento y el diseño de aparatos de ortodoncia. La capacidad de evaluar superficies con imágenes de computadora tridimensionales (3D) y obtener resultados numéricos que pueden evaluarse y utilizarse para mejorar el tratamiento es muy poderosa.

Los objetivos de tratamiento específicos se pueden observar por adelantado y utilizar como referencia estos, para comparar con el resultado real logrado⁷.

EL propio sistema nos dice que la predictibilidad es: (tabla 5,6 y 7).

Predictibilidad Según Align Technology	<i>Movimientos Verticales (Intrusión / Extrusión):</i>
Incisivos, Laterales y Caninos.	<p>Predecibles hasta 2,5 mm.</p> <p>Moderados de 2,5 – 3 mm (podrían requerir técnicas auxiliares)</p> <p>3 mm de movimiento vertical, es necesario el uso de técnicas auxiliares.</p>
Premolares y Molares.	<p>Predecibles hasta 0,5 mm; Moderados de 0,5 – 1 mm (podrían requerir técnicas auxiliares)</p> <p>1 mm de movimiento vertical necesario el uso de técnicas auxiliares.</p>

Tabla 5. Predictibilidad en los movimientos verticales.

Predictibilidad Según Align Technology	<i>Movimientos de Rotación:</i>
<p>Incisivos Centrales Superiores</p> <p>Incisivos Inferiores</p>	<p>Superiores e Incisivos Inferiores: predecibles hasta 40°; moderados de 40° – 50° (podrían requerir técnicas auxiliares) y a partir de 50° de movimiento rotación, es necesario el uso de técnicas auxiliares.</p>
<p>Incisivos Laterales Superiores</p>	<p>Predecibles hasta 30o; moderados de 30°– 40° (podrían requerir técnicas auxiliares) y a partir de 40° de movimiento rotación, es necesario el uso de técnicas auxiliares.</p>
<p>Caninos y Premolares</p>	<p>Predecibles hasta 45°; moderados de 45° – 55° (podrían requerir técnicas auxiliares) y a partir de 55° de movimiento rotación, es necesario el uso de técnicas auxiliares.</p>
<p>Molares</p>	<p>Predecibles hasta 20°; moderados de 20° – 30° (podrían requerir técnicas auxiliares) y a partir de 30o de movimiento rotación, es necesario el uso de técnicas auxiliares.</p>

Tabla 6 Predictibilidad en los movimientos de rotación.

Rotation

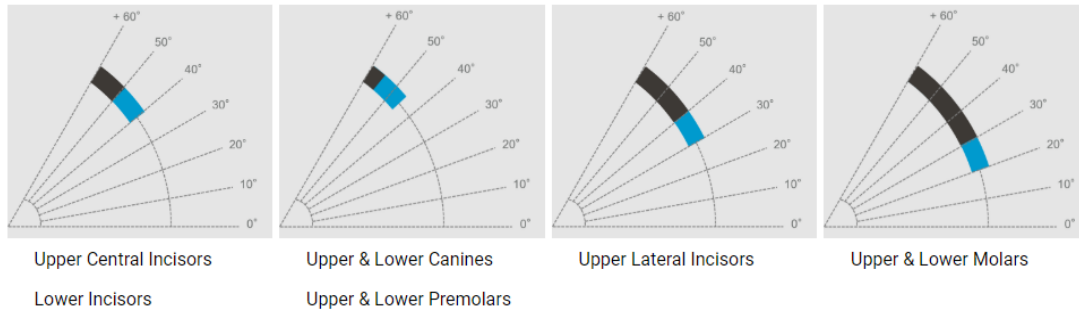


Fig. 11 Imagen de Predictibilidad de rotación, sistema Invisalign.

Predictibilidad Según Align Technology	
Movimiento radicular	Predecibles hasta 4 mm; moderados de 4 – 6 mm (podrían requerir técnicas auxiliares) y a partir de 6 mm de desplazamiento del ápice radicular, es necesario el uso de técnicas auxiliares.
Corrección Antero-Posterior (por cuadrante)	Predecibles hasta 2 mm; moderados de 2-4 mm (podrían requerir técnicas auxiliares) y a partir de 4 mm de corrección sagital de la maloclusión, es necesario el uso de técnicas auxiliares.

Tabla 7 Predicción del movimiento radicular y la corrección posterior.

Se han realizado numerosos estudios acerca de lo predecibles que pueden ser los movimientos con Invisalign.

Actualmente se ha mencionado que la diferencia entre los resultados descritos por el sistema y los obtenidos clínicamente es de alrededor de un 50% o más, en muchas ocasiones se necesitan muchas etapas de refinamiento o tratamiento añadido.¹²

Muchos ortodoncistas informaron que un 70 a 80% de los pacientes requieren corrección a mitad de tratamiento, o ayuda de auxiliares como microtornillos o aparatología fija antes de terminar el tratamiento³⁶.

Las compresiones dentoalveolares, las recidivas del apiñamiento y la corrección de sobremordida, cuando el problema es a nivel de los incisivos es bastante predecible según Joffe¹⁵.

Las maloclusiones con ligeras discrepancias óseo-dentarias, apiñamiento o diastemas entre 1- 5 mm, y la distalización de la arcada son bastantes predecibles según Bloyd y Vlaskalic¹.

Los tratamientos en los que no existe desplazamiento del ápice son más predecibles, por lo que el tratamiento con extracciones puede ser limitado.

Las rotaciones severas de dientes redondos (caninos y premolares), movimiento mesial de dientes posteriores (extracción de premolares) y coronas clínicas cortas son las limitaciones más frecuentes que se encuentran en el sistema.

También se han visto complicaciones en conseguir torque posterior, contactos oclusales adecuados, discrepancias anteroposteriores, transversales y verticales³⁰.

En un análisis clínico prospectivo realizado por Kravitz, concluyó que en este estudio el movimiento menos alcanzable fue el de extrusión (29,6% de media). El incisivo central maxilar fue el diente con menor grado de extrusión (18.3%). La media de extrusión fue de 0,56 mm, mientras que solo 13 de 64 dientes consiguieron extrusiones de más de 1mm y en ningún caso mayor a 1.8mm¹⁸.

Align nos dicen que la extrusión vertical absoluta (movimiento vertical a lo largo del eje longitudinal del diente) es impredecible. En este estudio los diferentes attaches que pueden aumentar la predictibilidad del movimiento.

Respecto a la intrusión es más favorable intrusión de los molares mandibulares para la anterrotacion mandibular que la de los molares maxilares, se observó en un estudio realizado por Talens - Cogollos et al. una intrusión de 0.94 mm no planificada en el 74,8% de los pacientes, en el 15,5% de los pacientes había molar maxilar intrusión solamente, mientras que, en el 32,8% de los pacientes, hay fue una intrusión molar mandibular solamente. En el 25,9% de los pacientes, había una intrusión molar en ambos arcos³⁷.

Aunque para intrusiones mayores de 1 mm se aconseja el uso de anclaje con dispositivos TADS para aumentar la predictibilidad del sistema³⁴.

Respecto a la predictibilidad de la expansión con alineadores plásticos realizados con el material SmartTrack® en un estudio realizado en 2022 por la universidad de Sevilla se concluyó que en la arcada superior estaba entre 98%-100% entre cúspides y a nivel gingival entre un 84%-87%. En la arcada inferior entre cúspides fue de un 99%- 100% y a nivel gingival entre un 88%-90%³⁶.

Se ha demostrado que para que un tratamiento sea lo más predecible posible hay que planificar sobrecorrección. En el caso de las mordidas abiertas se debe solicitar finalizar la oclusión con contactos posteriores pesados y sobre tratar la región anterior dejando 2 mm de sobremordida positiva²⁵.

La sobremordida normal es de 1 -2 mm:

- Sobremordida borde a borde necesitamos una corrección de 2 mm.
- Mordida abierta leve de 0 a 0,5 mm corrección de hasta 2,5 mm.
- Mordida abierta moderada 0,5 a 3 mm corrección de hasta 5 mm
- Mordida abierta severa es de más de 3 mm corrección de más de 5 mm.

JUSTIFICACIÓN.

Algunos estudios han medido la predicción del sistema invisalign a través del programa Nemocast u otros programas; vemos fundamental saber si los movimientos que nosotros programamos en el plan de tratamiento virtual se asemejan a lo que realmente ocurre, para así dar las mejores indicaciones a los técnicos que se encargan de realizar el Clincheck.

Realizamos el estudio con el sistema Invisalign por ser la marca de alineadores más veterana y por lo tanto la que más evidencia científica tiene.

La superposición de STL nos parece una buena herramienta para observar la evolución del tratamiento.

Los programas como Nemocast nos ayudan cada día más al diagnóstico, comparar la evolución y a elaborar nuestros planes de tratamiento.

Ante lo expuesto anteriormente, nos planteamos las siguientes preguntas de investigación para el presente trabajo fin de grado:

- ¿Cuánta predictibilidad de movimiento existe en la expansión intercanina en pacientes con mordida abierta anterior leve?
- ¿Cuanta extrusión se produce frente a lo programado?
- ¿A más expansión producida más extrusión se observa?

HIPOTESIS DEL TRABAJO.

Hipótesis nula (H₀):

La expansión intercanina producida en la primera etapa del tratamiento no es predecible, no se asemeja a la programada.

La extrusión del incisivo central superior derecho no se acerca a las medidas programadas.

Hipótesis alternativa (H₁):

La expansión intercanina producida por Invisalign es predecible.

La extrusión del incisivo central superior derecho producida en el primer refinamiento se acerca a los valores programados por el sistema Invisalign.

OBJETIVOS.

Objetivo General

1. El propósito principal de este estudio es observar si en pacientes con mordida abierta leve o moderada, la expansión entre cúspides de caninos de la arcada superior programada por el software se parece a la obtenida en la realidad al finalizar la primera etapa del tratamiento.

Objetivos específicos

2. Como objetivo secundario observaremos el movimiento del incisivo central superior (1.1); compararemos la extrusión pura programada por invisalign y la que se ha producido.

METODOLOGÍA.

Lo primero realizamos una revisión bibliográfica en bases de datos como Pubmed, google scholar, biblioteca Crai Dulce Chacón, Medline, Sci- hub, para informarnos sobre el tema.

Después realizamos este estudio retrospectivo, longitudinal y observacional, que analiza lo que se ha programado con lo que ha ocurrido en la realidad.

Se obtuvo una muestra de estudio obtenida por tratamientos realizados por un profesor del master, con gran experiencia en la técnica de alineadores.

Se analizaron 15 pacientes con una edad media de 26 años. Con un total de 30 STL de arcada superior para realizar mediciones .15 STL pre-tratamiento y 15 STL 1º etapa del tratamiento

Los criterios de inclusión empleados son:

- Pacientes con mordida abierta leve o sobremordida disminuida con necesidad de extrusión de los incisivos superiores
- Pacientes con compresión dentoalveolar.
- Pacientes con sonrisa baja.
- Pacientes que ya hayan terminado al menos una etapa del tratamiento.
- Pacientes que en el Clincheck se hubiera programado expansión intercanina.
- Pacientes que llevaran ataches optimizados múltiples de extrusión.
- Pacientes que hayan cumplido con el tratamiento.

Los criterios de exclusión fueron:

- Pacientes con separación vertical mayor de 3 mm.
- Pacientes con mordidas cruzadas de causa basal
- Pacientes que no pudimos descargar los registros.
- Pacientes que no hayan cumplido el tratamiento.

Se obtienen las medidas del software de Invisalign iniciales, las programadas y las iniciales de la segunda etapa del tratamiento. Esto se obtiene en las tablas de ancho de arcada que se puede ver a la derecha en el Clincheck.

Después de obtuvieron los modelos virtuales, STL que fueron descargados de la nube digital de iTero del inicio y de la finalización de la primera etapa del tratamiento.

Posteriormente se hacen las superposiciones con NemoCast, un software que permite el análisis de modelos virtuales, y ayuda al diagnóstico y a realizar mediciones en ortodoncia; pudiendo comparar resultados, (Fig.10).

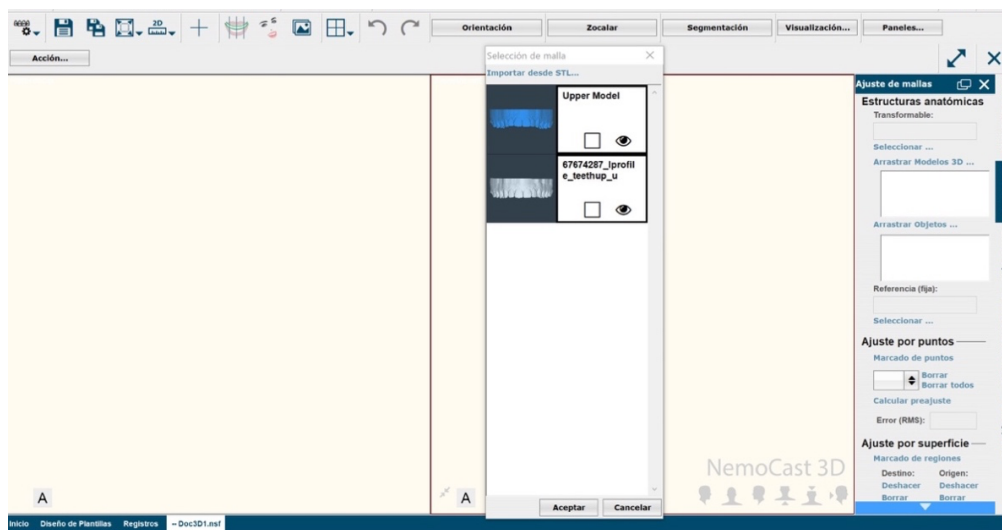


Fig. 10. STL inicial (azul) en referencia, el final de la 1º etapa (blanco).

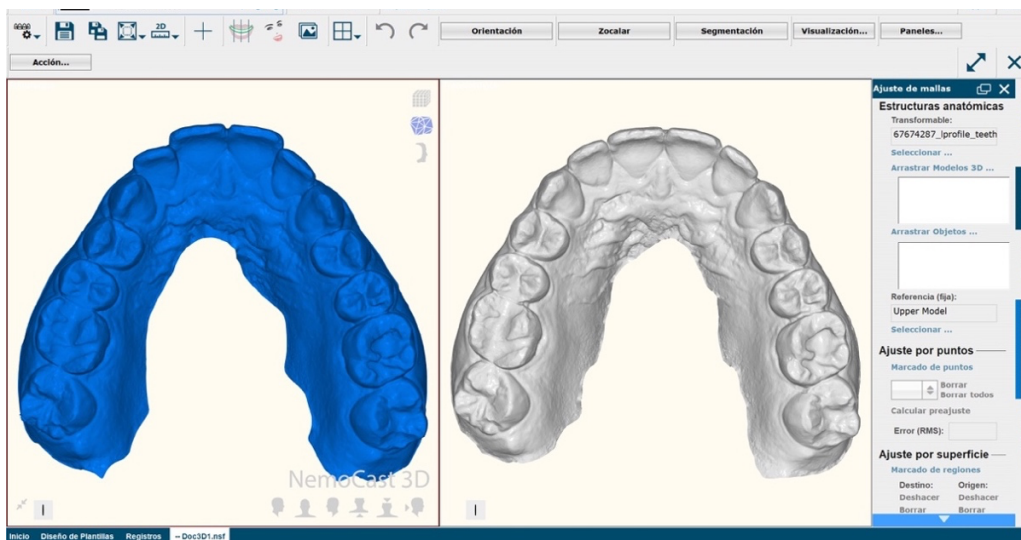


Fig. 12 Imagen del programa NemoCast, importación de STL.

Dicha superposición se realizó a través de las rugas palatinas, marcando 5 puntos de la zona media y calculando el margen de error analizado por el programa que debía ser menor a 0.30. (Fig.11)

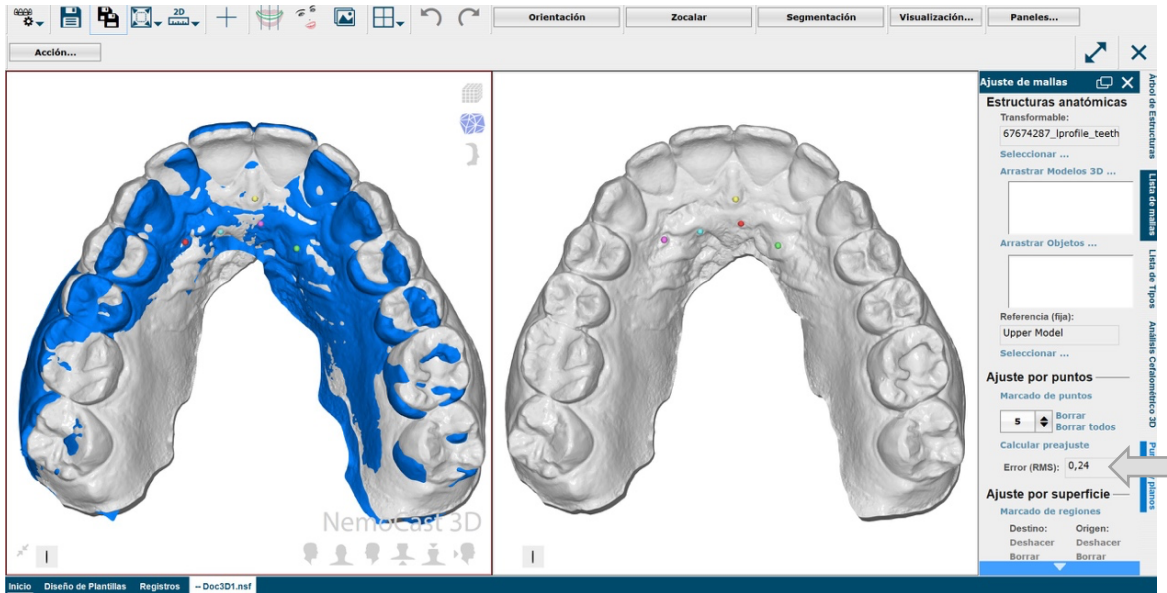


Fig. 13 Imagen de superposicion de STL con el programa Nemocast.

Los modelos fueron orientados y ajustados de manera manual.

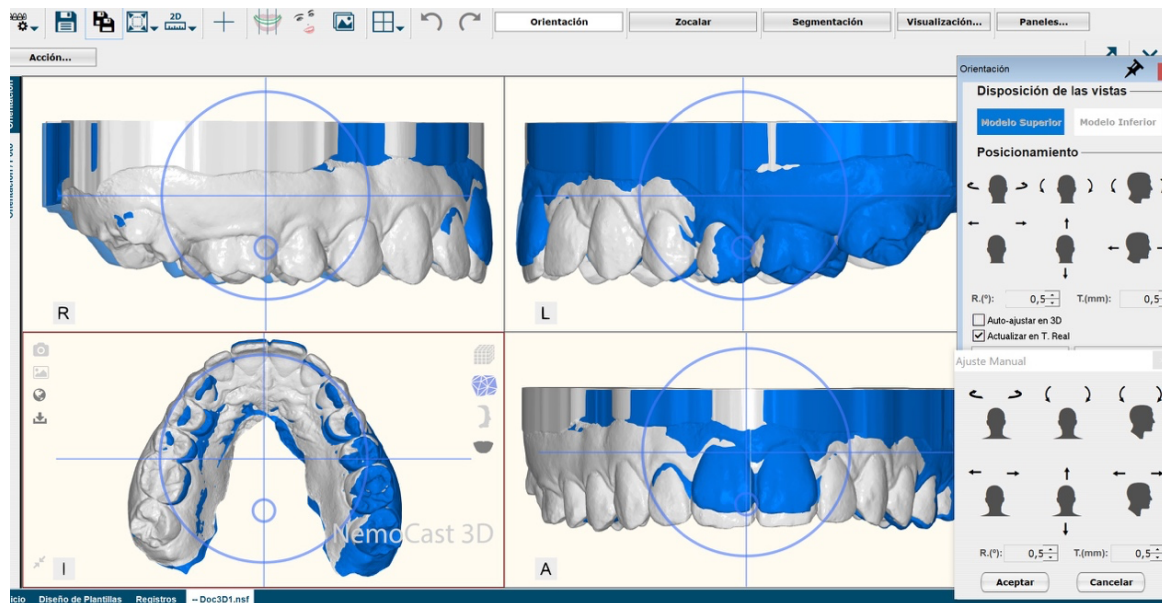


Fig. 14 Imagen de orientación de los modelos.

Los resultados fueron comparados con las superposiciones obtenidas de los clincheks con el programa de invisalign, entre el inicio y el primer refinamiento.

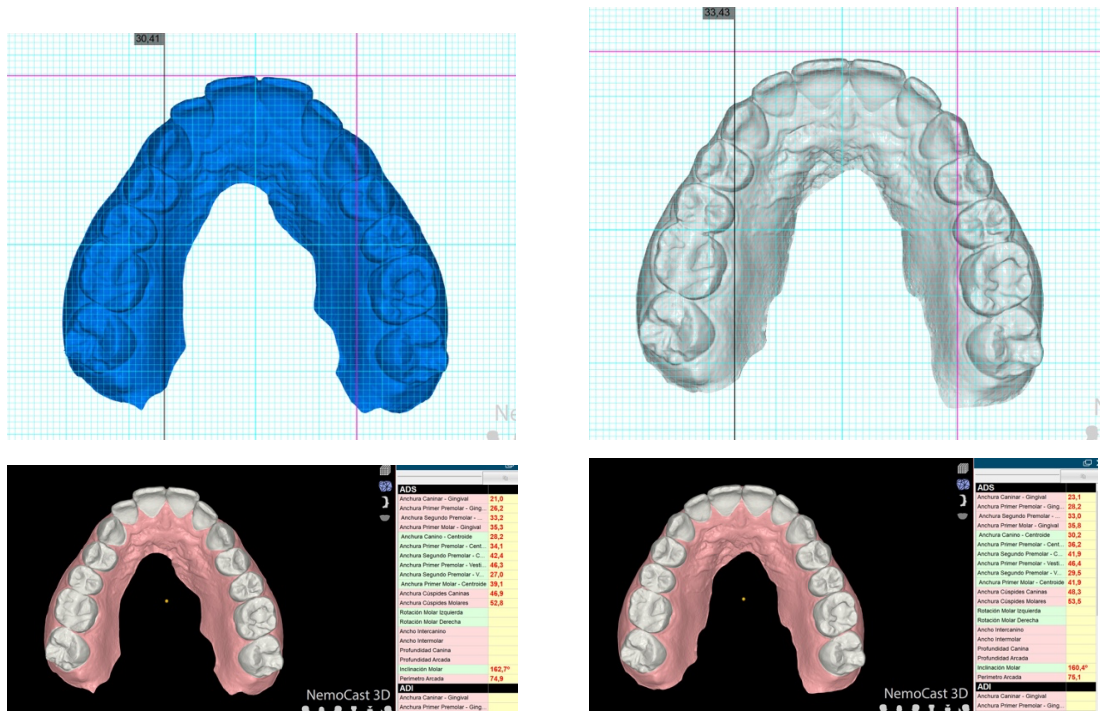
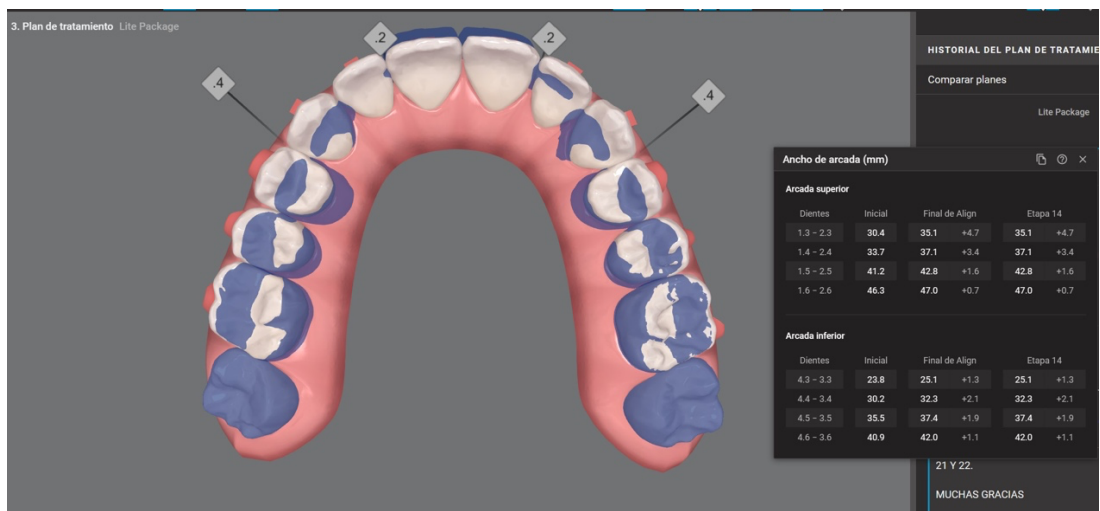


Fig. 15 Imágenes de los programas NemoCast y Clincheck de Invisalign. Formas de medir.

La distancia intercanina cúspide: es la distancia lineal en milímetros entre la cúspide del canino maxilar del 1º cuadrante a la cúspide del canino maxilar del 2º cuadrante.

Se midió la distancia intercanina inicial y la producida en la finalización de la primera etapa del tratamiento a través de la plantilla reticulada y líneas paralelas entre sí.

También a través del segmentado de los dientes y las mediciones propias del programa, pero al estar medidas bajo otra escala, utilizamos los datos que nos parecieron más fiables.

Las medidas fueron comparadas con las programadas en el Clincheck.

La expansión obtenida se calculó por la diferencia entre el STL inicial y el STL de la finalización de la 1ª etapa y por medición en la superposición a través de la medición 2D.

La expansión planificada se obtuvo de analizar la tabla de datos previos al tratamiento donde pone cuanta expansión se va a realizar y la expansión inicial en el Clincheck, esta fue comparada con las mediciones al inicio de la segunda etapa del tratamiento en el Clincheck y con las mediciones obtenidas por el programa Nemocast del STL.

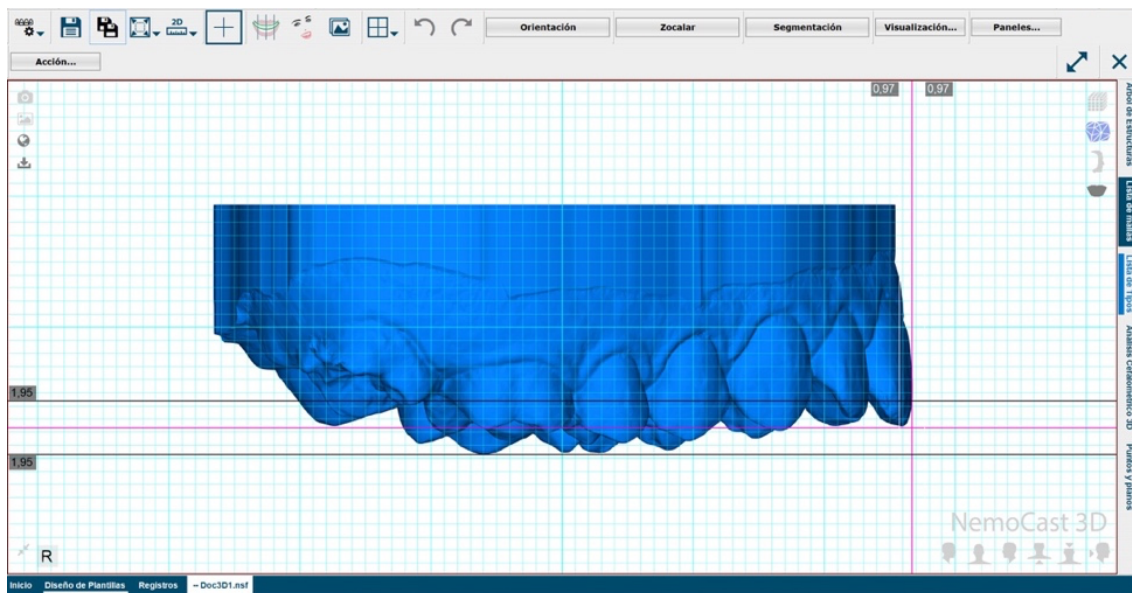


Fig. 16 Imagen del programa Nemocast.

Para observar el movimiento del incisivo central superior derecho, se trazo una línea inamovible en el programa Nemocast desde el modelo de inicio que pasa por el ultimo punto del borde incisal y de la cara vestibular de la pieza 1.1. y se superpone con el segundo modelo correspondiente a la primera etapa del tratamiento.

Las mediciones se realizaron a través de las mediciones 2d del programa y con el fondo reticulado, en la que cada cuadrícula es un mm, se midieron colocando líneas perpendiculares y paralelas ha dichas líneas marcadas.

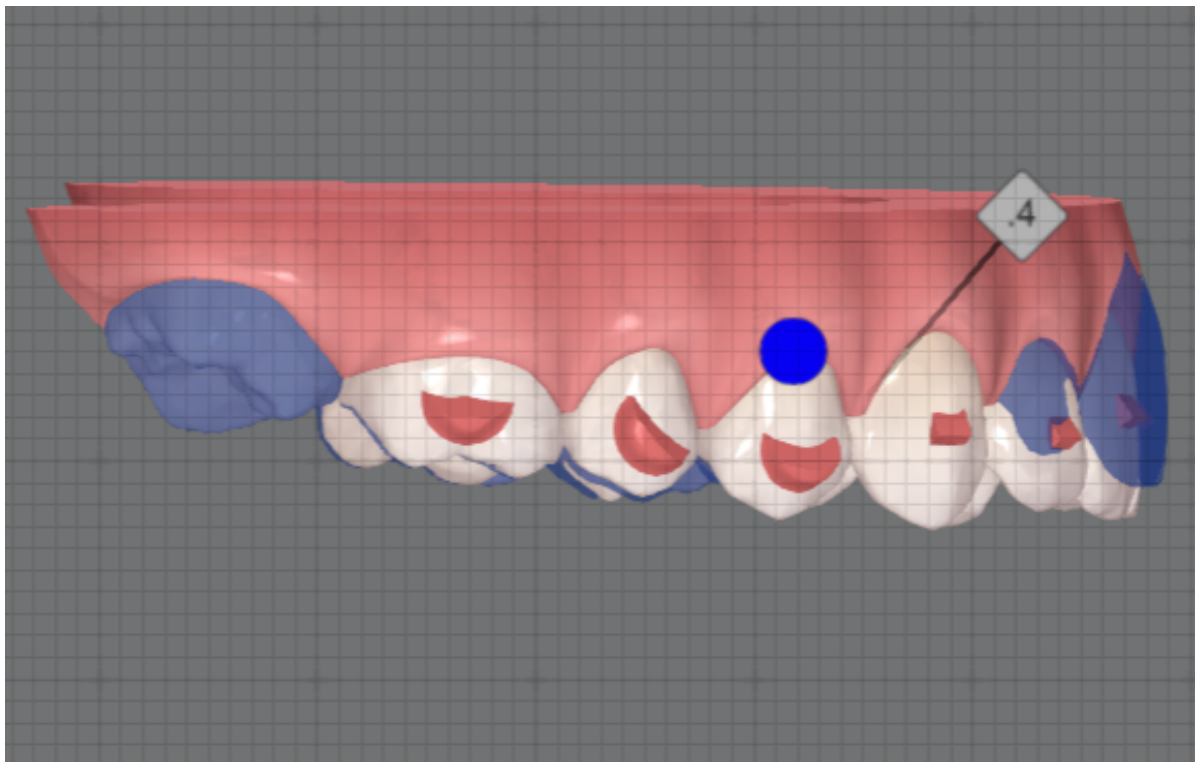
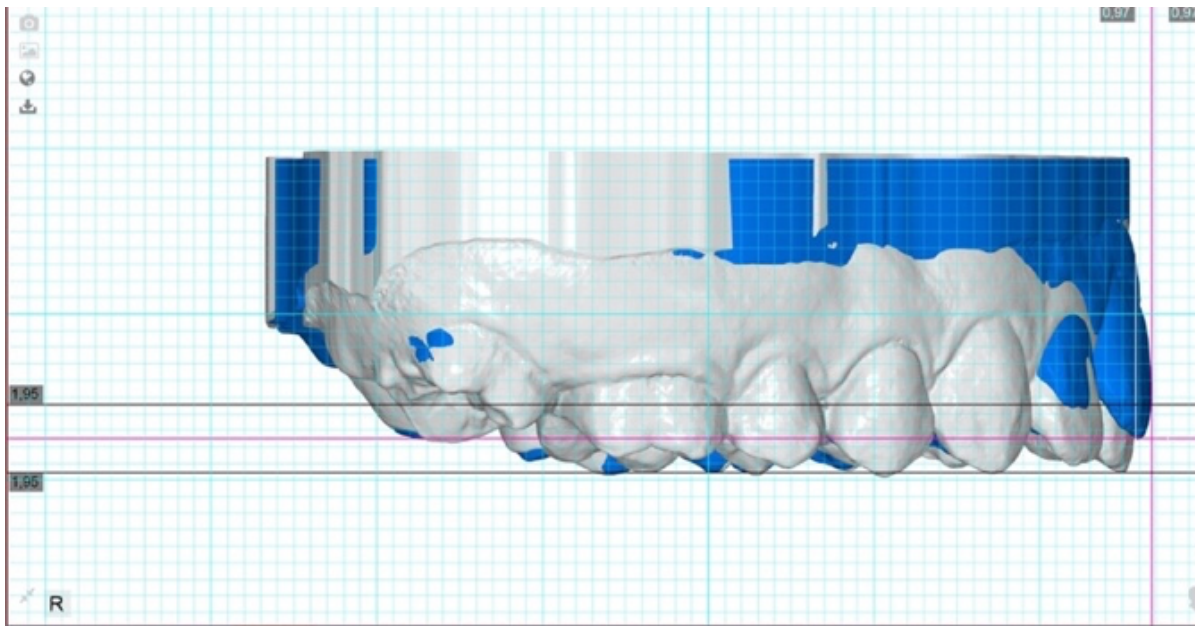


Fig. 17 Superposición y medición de la extrusión con ambos programas.

Y son comparadas con la extrusión programada por el Clincheck.

Variables utilizadas:

Software Invisalign:

X: Medida inter canina inicial

Y: Medida intercanina 1º refinamiento

Z: Medida intercanina programada por el programa.

Software Nemocast:

X: Medida Inter canina de STL Inicial

Y: Medida Inter canina de STL 1º refinamiento

Z: Medida intercanina programada con el programa.

Extrusión del incisivo:

X: Medida extrusión medida en el programa Nemocast

Y: Medida programada de extrusión por el programa.

ANÁLISIS DE DATOS.

El análisis estadístico de las muestras tomadas de los pacientes analizados se va a llevar a cabo mediante dos tipos de software: *Mathematica* (programa de cálculo simbólico) y *Excel*.

Para interpretar y analizar convenientemente este conjunto de datos de pacientes desde el punto de vista estadístico, conviene realizar una “síntesis” de las muestras encaminada a la obtención de una serie de expresiones matemáticas que las resuman de la mejor manera posible.

Toda síntesis de una distribución se considera “operativa”, desde el punto de vista estadístico, si:

- Si todos los valores de la distribución intervienen en la determinación.
- Es siempre calculable.
- Es única para cada distribución de frecuencias.

En este proceso de síntesis buscamos unos valores que nos fijen el comportamiento global del fenómeno a estudiar a partir de los datos individuales recogidos (muestras).

En consecuencia, en esta primera etapa vamos a centrar nuestro esfuerzo en la obtención de en algunos valores sintéticos que reciben tradicionalmente el nombre de **medidas de posición**.

Estas medidas de posición, como veremos, podrán ser promedios (valores medios) o no, así como de tendencia central o no.

Las medidas de posición centrales que vamos a considerar en este trabajo serán la media aritmética, la media geométrica, la mediana y la moda. (La media armónica no la consideraremos ya que las muestras tomadas no se corresponden con cocientes de magnitudes simples).

También estudiaremos, como medida de posición no central, y los cuartiles.

Finalmente analizaremos también algunas **medidas de dispersión**, tanto **absolutas**, como el Recorrido, la Varianza y la Desviación Típica, como **relativas** como es el Coeficiente de Variación de Pearson, **V**.

Para finalizar este estudio descriptivo de las muestras, analizaremos también las **medidas de forma** de la distribución. En concreto, analizaremos las medidas de asimetría y curtosis de la misma mediante el cálculo de los correspondientes momentos de la distribución.

RESULTADOS.

Software INVISALIGN.

INVISALIGN	Medida Inicial (X)	Medida 1º Etapa (Y)	Medida Programada (Z)
CL1	32,5	32,9	33,4
CL 2	34,5	35,3	35,7
CL3	33,9	36,5	36,3
CL 4	34,7	35,1	35,9
CL 5	27,3	31,2	31,6
CL 6	23,1	30,3	33,4
CL 7	30,8	32,5	33,3
CL 8	30,4	33,9	35,1
CL 9	30,9	33,8	34,8
CL 10	31,5	33,7	34,4
CL 11	27,9	33,3	33,7
CL 12	33,4	35,2	36
CL 13	32,3	34,6	34,8
CL 14	29,1	33	33,3
CL 15	34,6	35,6	35,9

Tabla 8 Medidas del ancho intercanino desde el Clincheck de Invisalign.

Descripción de las medidas del 1º refinamiento frente a las muestras iniciales tomadas

En primer lugar, se obtuvo la regresión de las medidas del primer refinamiento “(variable dependiente y), frente a las medidas iniciales tomados (variable independiente x). Se realizaron cuatro posibles modelos de regresión, pero nos fijamos en la regresión lineal.

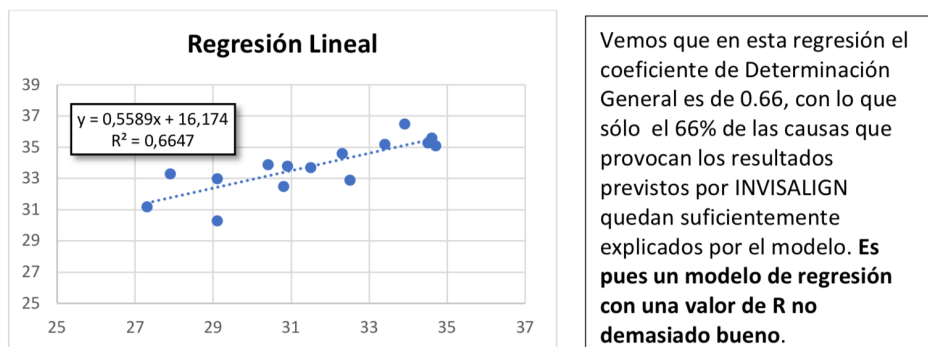


Fig. 18 Gráfico de regresión lineal 1

Dado que la regresión Lineal es la más adecuada para la explicación de las previsiones a partir de los datos iniciales, el cuadro siguiente muestra un **análisis de la varianza**, así como el detalle y el comportamiento de los principales **estadísticos de la regresión**.

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,815262356					
Coefficiente de determinación R ²	0,664652708					
R ² ajustado	0,638856763					
Error típico	1,009289201					
Observaciones	15					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados de libertad	Suma cuadrados	Prom. cuadrados	F	Valor crítico F	
Regresión	1	26,24669235	26,24669235	25,765782	0,000212508	
Residuos	13	13,24264098	1,018664691			
Total	14	39,48933333				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	16,17357748	3,480957041	4,646301949	0,00045758	8,653426996	23,69372797
Variable X 1	0,558884199	0,110103257	5,07600059	0,00021251	0,321020573	0,796747825

Tabla 9 Análisis de varianza 1. Software de Invisalign. Variables x/y.

Descripción del modelo previsto por el software INVISALIGN frente a los valores reales

Al igual que en el punto anterior, se halló la regresión de las medidas “previstas” por el programa (variable independiente z), frente a los valores de las medidas del primer refinamiento (variable dependiente y). Se hicieron los 4 modelos de regresión, pero nos fijamos en la lineal.

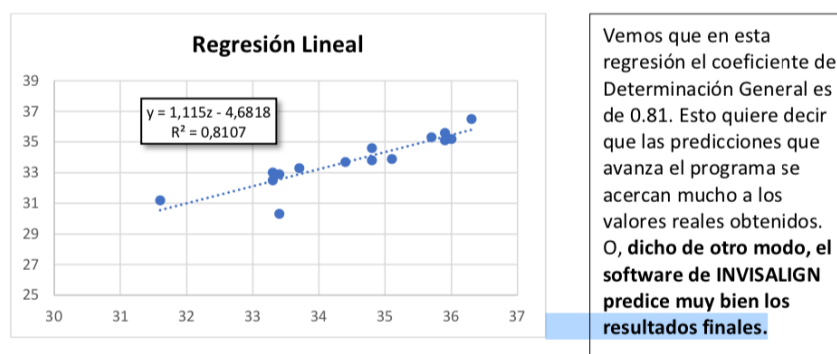


Fig. 19 Grafico de regresión lineal 2.

Dado que el modelo de regresión lineal tiene una gran certeza, se procede en la tabla siguiente al análisis detallado tanto de los diferentes parámetros de regresión, como del análisis de la varianza correspondiente.

Estadísticas de la regresión						
Coefficiente de correlación múltiple	0,900368684					
Coefficiente de determinación R ²	0,810663767					
R ² ajustado	0,796099442					
Error típico	0,75837689					
Observaciones	15					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados libertad	Suma cuadrados	Promedio cuadrados	F	Valor crítico F	
Regresión	1	32,01257173	32,01257173	55,6609204	4,76075E-06	
Residuos	13	7,476761599	0,575135508			
Total	14	39,48933333				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-4,681814416	5,160810775	-0,907185832	0,38081724	-15,83106826	6,467439424
Variable X 1	1,115006214	0,149452125	7,460624669	4,7607E-06	0,792134526	1,437877901

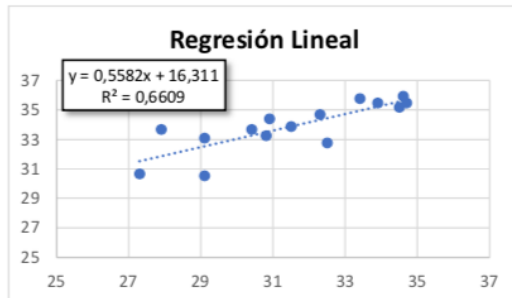
Tabla 10 Análisis de varianza 2. Software Invisalign. Variables y/z.

Software NEMOCAST.

NEMOCAST	Medida Inicial (X)	Medida 1º Etapa (Y)	Medida Programada (Z)
STL1	32,5	32,8	33,4
STL 2	34,5	35,19	35,7
STL 3	33,9	35,47	36,3
STL 4	34,7	35,48	35,9
STL 5	27,3	30,65	31,6
STL 6	23,1	30,51	33,4
STL 7	30,8	33,27	33,3
STL 8	30,4	33,7	35,1
STL 9	30,9	34,4	34,8
STL 10	31,5	33,9	34,4
STL 11	27,9	33,7	33,7
STL 12	33,4	35,78	36
STL 13	32,3	34,71	34,8
STL 14	29,1	33,12	33,3
STL 15	34,6	35,95	35,9

Tabla 11 Medidas anchura canina, a través de STL con el programa Nemocast y medida programada por el sistema.

Vamos a obtener la regresión de las medidas finales del primer refinamiento (variable dependiente y), frente a los valores iniciales tomados (variable independiente x). Vamos a realizar, como con el software anterior, cuatro posibles modelos de regresión:



El modelo de regresión obtenido tiene un coeficiente de Determinación General no demasiado bueno, por lo que las predicciones del mismo habrá que tomarlas con cautela

Fig. 20. Gráfico de regresión lineal 3.

En la tabla siguiente se muestra el detalle del análisis de la regresión lineal de los datos obtenidos para el software NEMOCAST

<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltipl	0,812938361					
Coefficiente de determinación R^2	0,660868779					
R^2 ajustado	0,634781762					
Error típico	1,016609008					
Observaciones	15					
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Grados libertad	Suma cuadrados	Promedio cuadrados	F	Valor crítico F	
Regresión	1	26,18175297	26,18175297	25,3332445	0,000229124	
Residuos	13	13,43542037	1,033493874			
Total	14	39,61717333				
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	16,31072165	3,506202464	4,651962293	0,00045291	8,736031747	23,88541156
Variable X 1	0,558192377	0,110901774	5,033214128	0,00022912	0,31860366	0,797781094

Tabla 12 Análisis de Varianza 3. Programa Nemocast, variable x/y.

Se analiza la variable dependiente Y (medidas 1º Refinamiento) con variable independiente Z (medidas programadas).

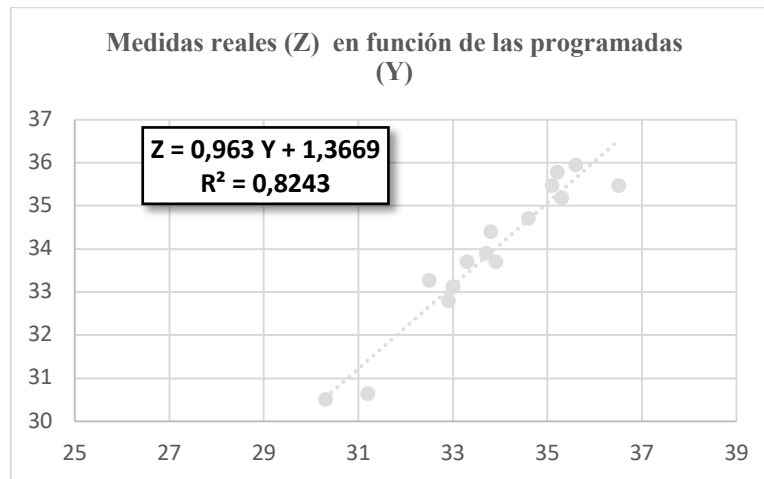


Fig. 21. Gráfico de regresión lineal 4.

Resumen regresión con intervalos de confianza								
Estadísticas de la regresión								
Coefficiente de correlación múltiple	0,961410582							
Coefficiente de determinación R ²	0,924310308							
R ² ajustado	0,918488024							
Error típico	0,480273292							
Observaciones	15							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados libertad	Suma cuadrados	Promedio cuadrados	F	Valor crítico F			
Regresión	1	36,61856168	36,61856168	158,7539	1,16175E-08			
Residuos	13	2,99861165	0,230662435					
Total	14	39,61717333						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	1,366851639	2,585708597	0,528617819	0,605978	-4,219232168	6,9529354	-4,21923217	6,952935446
Variable Y	0,962965527	0,076427303	12,59975804	1,16E-08	0,797854376	1,1280767	0,797854376	1,128076677

Tabla 13 Análisis de varianza 4. Programa Nemocast variables y/z.

Presentando un coeficiente de determinación bastante alto de un 0,82. Por lo que ambas variables se acercan bastante.

Test de Shapiro-Wilk.

En el punto siguiente se realiza el test de Shapiro-Wilk, para el conjunto de las muestras iniciales tomadas a los pacientes. En caso de cumplirlo podemos asegurar que las muestras tomadas proceden de una población Normal.

Desde el punto de vista estadístico esta circunstancia nos asegura que todas las inferencias que se hagan son eficientes y consistentes.

X= MEDIDA INICIAL				
32,5				
34,5				
33,9				
34,7				
27,3				
29,1				
30,8				
30,4				
30,9				
31,5				
27,9				
33,4				
32,3	Media U			
29,1	31,527			
34,6				
U = MEDIDA INICIAL ORDENADA	(U-I-Media)	(U-I-Media) ²	z ²	
27,3	31,527	17,865	84,029	3,811
27,9	31,527	13,153		2,21502
29,1	31,527	5,889		1,3473
29,1	31,527	5,889		0,90144
30,4	31,527	1,269		0,4059
30,8	31,527	0,528		0,1496
30,9	31,527	0,393		0,0602
31,5	31,527	0,001		
32,3	31,527	0,598		b
32,5	31,527	0,947		8,89046
33,4	31,527	3,509		
33,9	31,527	5,633		(b/z) ²
34,5	31,527	8,841		
34,6	31,527	9,445		Estadístico de contraste K
34,7	31,527	10,070		0,9406

Tabla 14 Test de Shapiro - Wilk

Software Nemocast / Invisalign.

Medidas de pieza 1.1

Incisivo	Medida NEMOCAST	Medida INVISALIGN
S1	1,9	1,9
S2	1,59	1,9
S3	1,22	1,9
S4	1,63	1,9
S5	1,85	1,9
S6	1,58	1,2
S7	0,5	0,6
S8	1,94	0,8
S9	0,98	0,9
S10	0,65	0,7
S11	1,24	1
S12	1,25	1,4
S13	2,04	3,1
S14	1,28	1
S15	1,55	1,5

Tabla 15 Medidas de extrusión, programa Nemocast y extrusion programada por el clinchek.

Descripción del modelo STL real medido con Nemocast frente a las muestras programada por Invisalign

En primer lugar, vamos a obtener la regresión de las medidas “reales” (variable dependiente y), frente a los valores iniciales tomados (variable independiente x). Vamos a realizar, como con el software anterior, cuatro posibles modelos de regresión:

Regresión LINEAL

En este caso, aunque se realizaron las 4 regresiones anteriores, nos hemos fijado en la Lineal por ser la que mejor representa la muestra.

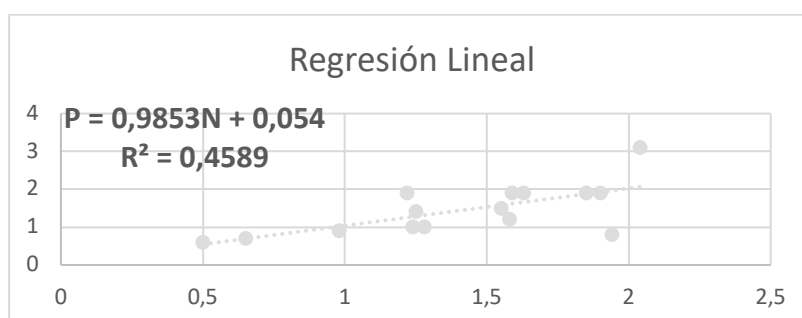


Fig. 22. Gráfico de regresión lineal 5.

En la tabla siguiente se muestra el detalle del análisis de la regresión lineal de los datos obtenidos para los valores del Incisivo.

Resumen								
<i>Estadísticas de la regresión</i>								
Coefficiente de corre	0,677433082							
Coefficiente de deter	0,45891558							
R ² ajustado	0,417293702							
Error típico	0,349736474							
Observaciones	15							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	1	1,348631	1,348631	11,02583	0,005525			
Residuos	13	1,590103	0,122316					
Total	14	2,938733						
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	0,739561441	0,222098	3,329886	0,005427	0,259748	1,219375	0,259748	1,219375
Variable X 1	0,465740939	0,140262	3,320516	0,005525	0,162724	0,768758	0,162724	0,768758

Tabla 16 Análisis de varianza 5. Extrusión del incisivo. Variables x/y.

Intentamos establecer una relación entre la expansión total producida y la extrusión, pero no obtuvimos valores que nos muestren una relación clara entre ellos.

No hemos encontrado ninguna relación entre Expansión/ Extrusión.

Muestra	Expansión total	Extrusión
STL 1	0,4	1,9
STL 2	0,8	1,59
STL 3	2,6	1,22
STL 4	0,4	1,63
STL 5	3,9	1,85
STL 6	1,2	1,58
STL 7	1,7	0,5
STL 8	3,5	1,94
STL 9	2,9	0,98
STL 10	2,2	0,65
STL 11	5,4	1,24
STL 12	1,8	1,25
STL 13	2,3	2,04
STL 14	3,9	1,28
STL 15	1	1,55

Tabla 17 Medidas de expansión total, y extrusión.

La distribución de las muestras tomadas inicialmente a los pacientes responde al comportamiento de una distribución Normal, como demuestra el test de **Shapiro-Wilk** realizado a las mismas. Este resultado es MUY relevante desde el punto de vista estadístico, ya que nos indica que todas las inferencias realizadas en este trabajo con las mismas tienen una gran validez.

Respecto a la expansión intercanina el software de INVISALIGN realiza unas “predicciones” muy cercana a las medidas de los segundos modelos digitales tomadas a los pacientes. El valor del coeficiente de Determinación General R^2 0.82; así lo demuestra poniendo de manifiesto que el modelo de regresión obtenido “explica” muy bien el comportamiento de la variable independiente. Esto significa, en otras palabras, que las predicciones realizadas por este software a partir de unas medidas iniciales se ajustan muy bien a la realidad final.

Los modelos de regresión lineal obtenidos tanto con INVISALIGN como con NEMOCAST, a partir de unas muestras iniciales no son demasiado fiables ya que el coeficiente de Determinación General no llega al 70%. Esto significa que, a partir de los

datos iniciales, es difícil predecir, en ambos casos, el resultado final. Este aspecto quizás podría mejorarse si el número de muestras iniciales fuese mayor.

Respecto a la extrusión del incisivo las predicciones no son tan buenas, el valor de coeficiente de Determinación General R^2 es de 0.45. Por lo que no podemos fiarnos del software respecto a lo que este movimiento se refiere. Ya que se produce en este caso el 45% de lo programado.

Quisimos ver si existiera relación entre la expansión y la extrusión, pero nuestra muestra es muy pequeña y nuestros datos eran muy aleatorios por lo que no se llegó a ninguna relación.

DISCUSIÓN.

La idea de superponer STL fue al observar varios artículos que anteriormente habían utilizado esta herramienta.

En 2015 Buschang midió los STL finales de 27 pacientes y los comparó con los STL descargados del final del Clincheck, observó que había bastante diferencia entre los STL finales reales a los que predecía el software².

Charalampakis en 2018 también realizó un estudio superponiendo STL de inicio y primer refinamiento, con otro software, y comparó los movimientos dentales planificados con los que se había producido⁶.

Otros autores como Ning Zhoe y Jing Cou también han utilizado la superposición de los STL, añadiendo el CBCT del paciente; siendo más reales los datos obtenidos y pudiendo calcular la expansión a nivel radicular, ya que la mayoría de los estudios son a nivel de la corona dentaria⁴⁰. En nuestro estudio no tuvimos la posibilidad de añadir este registro.

La expansión con Invisalign siempre está indicada cuando se tiene que resolver apiñamientos de 1 a 5 mm, en este estudio solo había un paciente que tuviera apiñamiento de 4 mm, el resto no tenían apiñamiento, pero si compresión dentoalveolar y la expansión intercanina también esta indicada cuando tenemos que corregir una curva de Spee invertida en el maxilar anterior. Se recomienda un máximo de expansión de 2 a 3 mm por cuadrante¹⁰.

En el estudio de Morales y col. también midieron la expansión a través de fondo reticulado marcando puntos en las cúspides y trazando líneas donde miden en 2D. En ese estudio comparaban el STL inicial, con el inicial del primer refinamiento y el final del refinamiento comparándolo con los datos de las tablas de ancho del Clincheck.

Les salió una predictibilidad de expansión intercanina de 70%²⁰.

Nuestro estudio solo mide el ancho inter canino por lo que no podemos compararlo con la expansión posterior, donde otros autores han sugerido que es más eficaz la expansión en la zona posterior que la zona intercanina sobre todo en la zona de los premolares^{20,10}.

Otros autores dicen lo contrario como Houle, que realizó un estudio midiendo la expansión a nivel de cúspides de caninos y gingival, y expansión en premolares y molares comparando STL inicial y final, y obtuvo una predictibilidad de la expansión a nivel de cúspides y en la zona gingival de caninos (88,7% y 67,8% a nivel gingival), primer premolar (84,7% y 67,6%), segundo premolar (81,7% y 62,3%) y primer molar (76,6% y 52,9%). Concluyendo que la predicción disminuye a la vez que nos vamos aproximando a zonas más posteriores, debido a la anatomía radicular, el grosor de la cortical, mayor fuerza de masticación y una mayor resistencia de los tejidos blandos de los maseteros en la región posterior¹⁴.

Se necesitan más estudios sobre la eficiencia del movimiento dental con Invisalign, especialmente en la extrusión que es muy difícil de medir, y que normalmente siempre se mide y es más real con telerradiografía; en este estudio decidimos realizarlo por superposición por ser algo innovadores, pero se reconoce que esta muy limitado.

Moshiri et al, compararon cefalometría inicial y final. Obtuvieron una extrusión del incisivo superior de 0,5 mm, obteniendo un incremento de la sobremordida de 3,4 mm ²¹.

En la extrusión no se tuvo en cuenta los movimientos de rotación y traslación e inclinación del incisivo, por lo que la medición de este factor en este estudio esta muy limitado, en otros estudios si que se ha tenido en cuenta como en el de Savignano³⁴.

En todos los pacientes estaba programada la extrusión porque esta se podía realizar, no todos los pacientes permiten realizar extrusión anterior, teniendo mordida abierta, ya que una sonrisa gingival no permite extrusión anterior³⁸.

Muchos de los casos eran retratamientos por lo que no pudimos descartar las extracciones, pero se recomienda que en mordidas abiertas tratadas con alineadores no se realicen extracciones y que incluso se aprovechen los cordales para favorecer la expansión o el anclaje³⁰.

Todos los incisivos llevaban multiataches y no usaron elásticos para el movimiento de extrusión.

Varios estudios han investigado cuales ataches son los más apropiados para la extrusión, la mayoría esta de acuerdo en que el bisel a gingival de forma horizontal es de los más adecuados para la extrusión²⁹.

En un estudio realizado por Kravit y col. la extrusión fue el movimiento menos alcanzado con una media de extrusión del incisivo central superior de 18,5%¹⁸.

En un estudio de Khosravi et al, de 120 paciente, 12 presentaban mordida abierta de 1,5 mm de media. La biomecánica utilizada fue la extrusión anterior: incisivos superior 0,9 mm e inferior 0,8 mm; sin cambios a nivel de intrusión posterior ni en la dimensión vertical posterior¹⁷.

Harris y col.¹³ en su estudio reflejaron que el principal cierre de la mordida abierta provenía de la inclinación de los incisivos, un 60 %, la autorrotación de la mandíbula por la intrusión posterior representaba el 30%, y que la combinación de los dos efectos muestra que la verdadera extrusión es de un 10%.

Aunque en este estudio nos sale un 45 % de extrusión no se pudo medir el cambio de inclinación del incisivo, ni era objetivo medir la intrusión.

Comparamos las tablas de expansión y de extrusión. Queríamos observar si los que más expansión tuvieron eran aquellos en los que el incisivo más movimiento de extrusión se produjo. Pero no se encontró una relación; esto hubiera tenido sentido ya que la expansión implica una retrusión, lo que aumentaría la extrusión relativa, que no pudo ser medida. Este estudio presenta una muestra muy pequeña por lo que se deben realizar más estudios con mucha más muestra de pacientes para confirmar que el sistema Invisalign es fiable a la hora de predecir la expansión y la extrusión.

Se debe de seguir realizando estudios digitales añadiendo pruebas dimensionales en 3D del paciente, superponiendo los STL a los mismos.

Aunque los attaches optimizados múltiples en los 4 incisivos facilitan la extrusión pura, se deben de comparar con medidas de retrusión e inclinación del diente para que los datos sean reales. Esto de momento solo se puede realizar a través de telerradiografías de inicio y final de tratamiento que se podrían añadir para complementar el trabajo, pero no pudimos obtener los registros finales.

El control vertical de la mordida abierta es fundamental en el tratamiento de la maloclusión, por lo que el sistema invisalign es muy recomendable a la hora de elegir un plan de tratamiento en estos pacientes.

La mayoría de nuestros pacientes fueron recidivas de tratamientos anteriores, la recidiva de esta maloclusión es muy alta debido a que muchas veces el factor etiológico son hábitos como la deglución atípica por lo que recomendamos siempre que presente esta maloclusión trabajar a nivel funcional con el paciente⁹.

CONCLUSIONES.

- La expansión intercanina medida por el software de invisalign con los datos del análisis de las tablas de ancho de arcada, tiene una predictibilidad 82%.
- La expansión intercanina medida en los STL, con el programa Nemocast y comparada con lo programado en el Clincheck tiene una predictibilidad de 89,5%
- Por lo que podemos decir que la expansión intercanina producida del inicio a la 1° etapa es bastante similar a la programada.
- La extrusión medida en las superposiciones de los STL, y comparada con la programada tuvo una predicción de un 45 %. Por lo que este movimiento es menos predecible.
- No se obtuvo relación entre la expansión y la extrusión.

BIBLIOGRAFIA.

1. Boyd RL, Waskalic V. Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex malocclusions with the invisalign appliance. In *Seminars in orthodontics* 2001 Dec 1 (Vol. 7, No. 4, pp. 274-293). WB Saunders.
2. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *The Angle Orthodontist*. 2014 May;84(3):391-6.
3. Cadavid AS. Mordida abierta anterior: Características y factores intrínsecos y extrínsecos. *Ces Odontología*. 1989;2(2):71-82.
4. Canut J. "Ortodoncia Clínica". 1era Edición, 1988, capítulo 23 "Mordida Abierta", pág 369-388.
5. Castro I, Valladares-Neto J, Estrela C. Predicted and actual end-of-treatment occlusion produced with aligner therapy. *Angle Orthodontist*. 2015 Sep 1;85(5).
6. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2018 Jul 1;154(1):47-54.
7. Costa R, Calheiros FC, Ballester RY, Gonçalves F. Effect of three different attachment designs in the extrusive forces generated by thermoplastic aligners in the maxillary central incisor. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2020 Aug 19; 25:46-53.
8. Dayan W, Aliaga-Del Castillo A, Janson G. Open-bite treatment with aligners and selective posterior intrusion. *J Clin Orthod*. 2019;53(1):53-54.
9. Fonseca Fernández Y, Fernández Pérez E, Cruañas AM. Mordida abierta anterior. Revisión bibliográfica. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 2014 Aug;13(4):509-15.
10. Galluccio G, De Stefano AA, Horodyski M, Impellizzeri A, Guarnieri R, Barbato E, Di Carlo S, De Angelis F. Efficacy and Accuracy of Maxillary Arch Expansion with Clear Aligner Treatment. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Mar 6;20(5):4634.

11. Garnett BS, Mahood K, Nguyen M, Al-Khateeb A, Liu S, Boyd R, Oh H. Cephalometric comparison of adult anterior open bite treatment using clear aligners and fixed appliances. *The Angle Orthodontist*. 2019 Jan;89(1):3-9.
12. Guerra JF, Marin H, Echeverri N. Alineadores una opción en Ortodoncia estética, revisión de literatura. *ortodoncia.*;7(8):14.
13. Harris K, Ojima K, Dan C, Upadhyay M, Alshehri A, Kuo CL, Mu J, Uribe F, Nanda R. Evaluation of open bite closure using clear aligners: a retrospective study. *Prog Orthod*. 2020 Aug 24;21(1):23. doi: 10.1186/s40510-020-00325-5. PMID: 32830306; PMCID: PMC7443419.
14. Houle JP, Piedade L, Todescan R Jr, Pinheiro FH. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod*. 2017 Jan;87(1):19-24.
15. Joffe L. Invisalign: early experiences. *J Orthod*. 2003 Dec;30(4):348-52.
16. Kesling, H. D. "The philosophy of the tooth positioning appliance." *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery* 31 (1945): 297-304.
17. Khosravi R, Cohananim B, Hujoel P, Daher S, Neal M, Liu W, Huang G. Management of overbite with the Invisalign appliance. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2017 Apr 1;151(4):691-9.
18. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009 Jan;135(1):27-35.
19. Miller RJ, Kuo E, Choi W. Validation of Align Technology's Treat IITM digital model superimposition tool and its case application. *Orthodontics & craniofacial research*. 2003 Aug; 6:143-9.
20. Morales-Burruezo I, Gandía-Franco JL, Cobo J, Vela-Hernandez A, Bellot-Arcis C. Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. *PLoS One*. 2020 Dec 10;15(12): e0242979.
21. Moshiri S, Araújo EA, McCray JF, Thiesen G, Kim KB. Cephalometric evaluation of adult anterior open bite non-extraction treatment with Invisalign. *Dental press journal of orthodontics*. 2017 Sep; 22:30-8.
22. Paccini JV, Cotrim-Ferreira FA, Ferreira FV, Freitas KM, Cançado RH, Valarelli FP. Efficiency of two protocols for maxillary molar intrusion with mini-implants. *Dental press journal of orthodontics*. 2016 May; 21:56-66.

23. Padilla RG, Escobar CS, Sánchez JD. Manejo de paciente adulto con mordida abierta anterior por deglución atípica. Reporte de caso. *Revista Odontología*. 2020 Jan 1;22(1):82-92.
24. Padilla RG, Escobar CS, Sánchez JD. Manejo de paciente adulto con mordida abierta anterior por deglución atípica. Reporte de caso. *Revista Odontología*. 2020 Jan 1;22(1):82-92.
25. Palma S, Lozano Zafra J. Ortodoncia clínica con alineadores. Lisermed Editorial S.l 2022
26. Pineda Guerra JF, Marin Palacio H, Echeverri Echeverri NJ. Alineadores una opción en ortodoncia estética, revisión de literatura.
27. Rivas Pérez, G., Álvarez Mora, I., Mora Pérez, C.D.L.C., Morera Pérez, A. and Pausa González, O.J., 2020. Avances científico-técnicos en ortodoncia y su impacto social. *Conrado*, 16(72), pp.39-48.
28. Rivero JC, Yeste F, Nogal A. Tratamiento de las maloclusiones con ortodoncia transparente. *RCOE*. 2017;22(2):87-96.
29. Román M, Rivero JC, de la Torre M. Extrusión con el sistema Invisalign. *Ortodoncia clínica*. 2009;12(3):80-4.
30. Román M, Rodríguez-Cámara C. Un nuevo enfoque para el tratamiento de la mordida abierta anterior con alineadores. *Rev. SEDA*. 2018;1(1):4-25.
31. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod*. 2015;85(5):881-889.
32. Rossini, G.; Modica, S.; Parrini, S.; Deregibus, A.; Castroflorio, T. Incisors Extrusion with Clear Aligners Technique: A Finite Element Analysis Study. *Appl. Sci*. 2021, 11, 1167.
33. Rudolphi Solero L. Etiología y estabilidad Delaware la mordida abierta anterior Revisión bibliográfica.
34. Savignano R, Valentino R, Razionale AV, Michelotti A, Barone S, D'anto V. Biomechanical effects of different auxiliary-aligner designs for the extrusion of an upper central incisor: a finite element analysis. *Journal of Healthcare Engineering*. 2019 Aug 7;2019.
35. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique—regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC oral health*. 2014 Dec; 14:1-7.

36. Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners? *Clin Oral Investig*. 2017; 21:1475-84.
37. Talens-Cogollos L, Vela-Hernández A, Peiró-Guijarro MA, García-Sanz V, Montiel-Company JM, Gandía-Franco JL, Bellot-Arcís C, Paredes-Gallardo V. Unplanned molar intrusion after Invisalign treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022 Oct;162(4):451-458.
38. Tjan AH, Miller GD. Some esthetic factors in a smile. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1984 Jan 1;51(1):24-8.
39. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *Journal of the World Federation of Orthodontists*. 2022 feb 1;11(1):12-21.
40. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *The Angle Orthodontist*. 2020 Jan 14;90(1):23-30.

