

**CORRELACIÓN DE PUNTOS DE CONTACTO EN REGISTROS OCLUSALES
DIGITALES E IMPRESOS EN 3D**

AUTORES

SHARON ALEXANDRA DIOSA MARTÍNEZ

JUAN SEBASTIÁN OLAYA VILLAQUIRÁN



COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
REHABILITACIÓN ORAL IV SEMESTRE
SANTIAGO DE CALI
06 DE MAYO DE 2026

**CORRELACION DE PUNTOS DE CONTACTO EN REGISTROS OCLUSALES
DIGITALES E IMPRESOS EN 3D**

AUTORES

JUAN SEBASTIÁN OLAYA VILLAQUIRÁN

SHARON ALEXANDRA DIOSA MARTÍNEZ

ASESOR CIENTÍFICO

LUIS FELIPE MÁRQUEZ GARCÍA

Rehabilitador oral

ASESOR METODOLÓGICO

ALEJANDRA ORDOÑEZ MOLINA

Esp. Epidemiología

ASESOR ESTADÍSTICO

JULIAN ANDRES TAMAYO

Magíster en Logística Integral



COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
REHABILITACIÓN ORAL IV SEMESTRE

2026-1

Correlación de puntos de contacto en registros oclusales digitales e impresos en 3D.

Resumen

Antecedentes: La odontología digital ha transformado la obtención de registros oclusales mediante escáneres intraorales e impresión 3D, pero no está claro si los puntos de contacto en modelos impresos coinciden con los observados en modelos digitales, lo cual afecta la confianza clínica en el diagnóstico y planificación.

Objetivo: Evaluar la exactitud de los puntos de contacto oclusales en máxima intercuspidación identificados en modelos digitales, en comparación con los obtenidos en modelos físicos impresos en 3D.

Materiales y métodos: Estudio experimental con 20 estudiantes de UNICOC (periodo 2024-2 y 2025-1), seleccionados mediante muestreo aleatorio simple. Se tomaron registros digitales con escáner intraoral Shining Aoral Scan 3. Los modelos se imprimieron en impresora AccuFab-L4D con software Chitubox Dental. Se compararon tres formas: software del escáner (S), modelo impreso (M) y fotografía clínica (P) como estándar de oro. La concordancia se midió con coeficiente kappa de Cohen ($p < 0.05$ significativo).

Resultados: La concordancia entre software y modelo impreso (S vs M) fue buena a sustancial en zonas de fácil acceso: incisivos inferiores ($\text{kappa}=0,643$; $p=0,002$), caninos inferiores ($\text{kappa}=0,733$; $p=0,001$) y molares inferiores ($\text{kappa}=0,692$; $p=0,001$). En incisivos superiores, la concordancia entre software y fotografía fue casi perfecta ($\text{kappa}=1,000$; $p < 0,001$). Sin

embargo, al comparar los métodos

digitales (S y M) con la fotografía clínica, los resultados variaron según la zona, llegando a concordancias pobres o negativas.

Conclusión: Los modelos digitales e impresos en 3D presentan buena concordancia en múltiples zonas, pero esta no se mantiene al compararlos con la fotografía clínica. El flujo digital es clínicamente aceptable, aunque limitado en áreas de difícil acceso para el escáner.

Palabras clave: Puntos de contacto oclusales; escáner intraoral; impresión 3D; máxima intercuspidación; concordancia; odontología digital.

Palabras clave:

Oclusal, Material de impresión dental, Técnica de Impresión Dental, Rehabilitación, Impresión Tridimensional.

Correlation of contact points in digital and 3D printed occlusal records.

Abstract

Background: Digital dentistry has transformed occlusal record acquisition through intraoral scanners and 3D printing. However, it remains unclear whether contact points on printed models match those observed in digital models, which affects clinical confidence in diagnosis and treatment planning.

Objective: To evaluate the accuracy of occlusal contact points in maximum intercuspidation identified on digital models compared to those obtained on physical 3D-printed models.

Materials and Methods: An experimental study was conducted with 20 students from UNICOC (2024-2 and 2025-1 periods), selected by simple random sampling. Digital records were taken using a Shining Aoral Scan 3 intraoral scanner. Models were printed on an AccuFab-L4D printer using Chitubox Dental software. Three modalities were compared: scanner software (S), printed model (M), and clinical

photography (P) as the gold standard. Agreement was measured using Cohen's kappa coefficient ($p < 0.05$ significant).

Results: Agreement between software and printed model (S vs M) was good to substantial in easily accessible areas: lower incisors ($\kappa = 0.643$; $p = 0.002$), lower canines ($\kappa = 0.733$; $p = 0.001$), and lower molars ($\kappa = 0.692$; $p = 0.001$). For upper incisors, agreement between software and photography was almost perfect ($\kappa = 1.000$; $p < 0.001$). However, when comparing digital methods (S and M) with clinical photography, results varied by area, reaching poor or even negative agreement.

Conclusion: Digital and 3D-printed models show good agreement in multiple areas, but this does not hold when compared with clinical photography. The digital workflow is clinically acceptable but has limitations, especially in areas difficult for the scanner to access.

Keywords

Occlusal, dental impression material, Dental Impression Technique, Rehabilitation, Three-Dimensional Impression.

Introducción

La toma de impresiones dentales es el procedimiento fundamental de la práctica odontológica y restauradora, ya que esta es la base y punto de partida de muchos tratamientos definitivos. La inquietud clínica sobre el tiempo invertido en ajustes oclusales e interproximales de restauraciones fabricadas mediante flujos digitales encuentra un sólido respaldo en la literatura especializada. En cuanto al tiempo clínico requerido, se observó que el grupo que utilizó el flujo completamente digital (CF) necesitó una mediana de 2 minutos con 44 segundos para los ajustes en sillón, mientras que el grupo que empleó modelos impresos en 3D (PC) requirió 1 minuto con 46 segundos. Sin embargo, al considerar el tiempo total (ajuste de laboratorio más ajuste clínico), el grupo PC acumuló 4 minutos con 25 segundos. Estos resultados demuestran que, aunque el uso de modelos impresos en 3D puede reducir el tiempo de ajuste clínico, esta ventaja se ve compensada por un mayor tiempo de laboratorio y, potencialmente, por una calidad oclusal inferior.(9)

Una impresión dental se define como el negativo o reproducción inversa de las estructuras dentarias y, en ocasiones, de los tejidos periodontales adyacentes la cual permite al profesional obtener modelos de trabajo precisos para el diagnóstico, la planificación, el tratamiento y la ejecución de las diversas especialidades rehabilitadoras, incluyendo la ortodoncia, la implantología oral y la prótesis dentofacial (1).

En la actualidad, los sistemas de impresión tienen dos clasificaciones, siendo la convencional la más común, la cual se basa en materiales elastómeros y cubetas como alginatos, siliconas, y pastas para impresiones de prótesis totales y las impresiones digitales, las cuales se obtienen mediante un escáner intraoral y se visualizan en un software (1). Los registros oclusales con escáneres intraorales han optimizado los tratamientos restaurativos, pero es necesario evaluar su exactitud. La obtención de registros oclusales mediante escáneres intraorales y un software que permite visualizar cómo será la restauración definitiva es un paso gigante en el avance y la optimización de pasos y materiales empleados en los tratamientos restaurativos, pero se debe considerar la exactitud y la precisión; exactitud, es el grado de cercanía entre la medida obtenida por el escáner y la medida real del objeto físico (el diente o la arcada) y la precisión es el grado de consistencia o repetitividad al medir el mismo objeto varias veces (1).

Si bien el método análogo presenta pequeñas fallas, estudios *in vitro* muestran que las impresiones digitales tienen una veracidad comparable o superior, aunque la precisión varía según el escáner utilizado (2, 3). Adicionalmente, esta técnica mejora la experiencia del paciente al ser más confortable y aumenta la eficiencia clínica durante los procedimientos. Estas características han posicionado a la digitalización como el método de elección para elevar tanto la calidad de la atención como los resultados de los tratamientos odontológicos, aunque con ligeras diferencias en ciertas regiones del arco dental; estos hallazgos refuerzan la noción de que los modelos digitales pueden ser utilizados como una alternativa confiable a los

métodos convencionales, siempre que se considere el margen de error inherente a cada técnica (7). Esto sugiere que los modelos digitales pueden ser utilizados como complemento en la evaluación clínica de la oclusión, aunque no necesariamente sustituyen a los métodos tradicionales para fines científicos (8).

Aunque los materiales usados en las impresiones convencionales pueden ser muy precisos, también presentan desventajas, como la deformación del material por las condiciones ambientales durante su manipulación, la posibilidad de deformación mínima al retirarlo de la boca o al volver a colocarlo para técnicas de dos pasos, y el malestar de los pacientes durante el procedimiento (5).

Estudios previos han demostrado que la impresión convencional es una técnica que produce errores en su exactitud por diferentes factores como una incorrecta selección de la cubeta de impresión, la incorrecta aplicación del adhesivo, entre otros, es por ello por lo que se quiere correlacionar los puntos de contacto en registros oclusales digitales e impresos en 3D (4, 5). Los puntos de contacto son las áreas de contacto entre los dientes antagonistas cuando están en oclusión. Los puntos de contacto juegan un papel crucial en la distribución adecuada de las fuerzas de masticación y en la estabilidad de la oclusión. Un equilibrio adecuado en los puntos de contacto es esencial para adquirir información veraz que va a servir para futuros investigadores y clínicos (4).

No obstante, es importante considerar que las variaciones en la precisión pueden influir en la evaluación de detalles finos, como los puntos de contacto interproximales y oclusales (9).

Por ello, este estudio busca correlacionar los puntos de contacto en registros oclusales digitales e impresos en 3D, para aportar información útil a investigadores y clínicos.

Materiales y métodos

Diseño del estudio y muestra

Se realizó un estudio experimental *in vitro* con 20 estudiantes del programa de Odontología de la Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, sede Cali, matriculados en los periodos académicos 2024-2 y 2025-1. El tamaño de muestra se calculó con el software PASS 2021, determinando que 20 sujetos producirían un intervalo de confianza bilateral del 95% con una amplitud del 10% para un coeficiente de correlación intraclase estimado de 0,9 (IC95%: 0,839-0,938). El muestreo fue aleatorio simple a partir del listado de estudiantes. Todos los participantes firmaron consentimiento informado para su participación.

Variables

La variable dependiente son las áreas de contacto entre los dientes antagonistas en la arcada dental cuando los dientes están en oclusión (clínicos, digital e impresos) divididos en nueve zonas del diente, las variables independientes fueron la edad y el tipo de modelo (digital o impreso en 3D).

Inclusión de pacientes para estudio

- Se solicitó el listado de los estudiantes en la institución.
- Se dispuso de 20 min de tiempo de cada estudiante siendo el docente el que autorizó el permiso para realizar los escaneos intraorales.
- En el espacio asignado, se dialogó sobre el fin del proyecto y cómo se iba a llevar a cabo.
- Los estudiantes que participaron firmaron el consentimiento informado y asistieron a la toma del escaneo intraoral.

Obtención de registros digitales

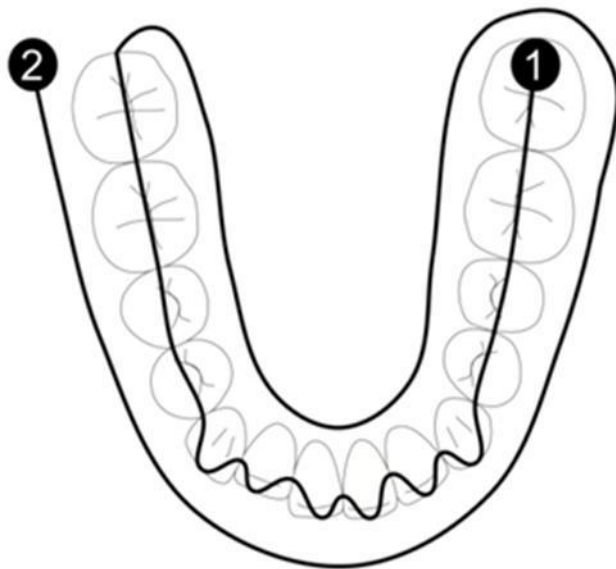
Para obtener el registro digital de modelos dentales se utilizó el escáner intraoral Shining A oral scan 3, primero se preparó al paciente asegurándose de que la cavidad oral estuviera limpia y seca.

El escáner A oral scan 3 no requiere el uso de polvo, lo que simplificó el proceso y mejoró la comodidad del paciente.

Procedimiento de escaneo intraoral y registro oclusal digital

El escaneo se realizó moviendo el escáner sobre las superficies dentales, capturando imágenes en tiempo real y en color; la exploración fue continua, inició por la superficie oclusal de los dientes posteriores inferiores izquierdos, siguiendo por los dientes anteriores con un movimiento alternativo labio-lingual y, por último, la superficie oclusal de los dientes posteriores inferiores derechos (22).

Figura 1. Trazado de exploración con AoralScan 3 (Shining)



El software intraoralScan procesa estas imágenes para crear un modelo 3D detallado de la boca del paciente. Durante el escaneo, el escáner puede identificar y eliminar automáticamente datos innecesarios, como tejidos blandos, gracias a su inteligencia artificial. Una vez completado el escaneo, los datos se revisaron y ajustaron en el software antes de exportarlos en formatos como STL u OBJ para su uso en diseño y fabricación dental (22).

En cuanto a la bioseguridad, es crucial minimizar el contacto con la computadora durante el escaneo para reducir el riesgo de contaminación cruzada. El AoralScan 3 permite controlar el proceso de escaneo mediante movimientos del escáner, evitando la necesidad de tocar el PC (22).

Además, las puntas del escáner son esterilizables en autoclave, lo que garantizó que cada paciente fuera tratado con equipos completamente desinfectados de la siguiente manera:

Se sumergen las puntas del escáner en CIDEX™ OPA se limpia suavemente el cabezal de escaneo para evitar residuos de desinfectante y se asegura de que la óptica estuviera limpia, la punta de exploración seca y limpia en una bolsa de vacío para la esterilización, el proceso de esterilización debe ser completado bajo un ambiente de vacío y una gasa debe ser usada para rellenar la punta de escaneo.
(22)

Es importante seguir los protocolos de desinfección y esterilización recomendados para todos los instrumentos y superficies en la clínica dental para mantener un entorno seguro tanto para los pacientes como para el personal.

- El asistente de escaneo solicitó la captura de la relación oclusal en los primeros pasos del procedimiento; para ello se preparó al paciente proporcionando las indicaciones necesarias.
- El paciente mantuvo una postura relajada con el tronco recto.
- Se habló en tono suave y tranquilizante.
- El asistente le indicó al paciente que realizara máxima intercuspidación mientras este sostenía dos pinzas Miller para cada cuadrante de la boca.
- Se utilizó papel articular accufilm de 7 micras, para registrar los puntos de contacto
- Una vez el paciente cerró con las dos pinzas Miller en cada cuadrante, se llevó una de ellas en zona anterior para capturar contactos en esta zona.
- Una vez se tomaron los puntos de contacto se tomaron fotos clínicas del maxilar superior e inferior donde se evidenciaron las zonas palatinas y linguales de incisivos superiores e inferiores.

Figura 2. Escáner intraoral. AoralScan 3 Shining



Procedimiento de obtención de modelos

Para generar un modelo para impresión 3D desde Chitubox Dental, primero se importa el archivo 3D del software de escaneo. Una vez cargado, se ajusta la orientación del modelo para optimizar la impresión, asegurando que las superficies críticas estén bien soportadas. Luego, se procede a añadir soportes, los cuales son esenciales para mantener la estabilidad del modelo durante la impresión. (22)

Chitubox Dental ofrece opciones tanto automáticas como manuales para la colocación de soportes, permitiendo personalizar su ubicación y densidad según las necesidades específicas del modelo (22).

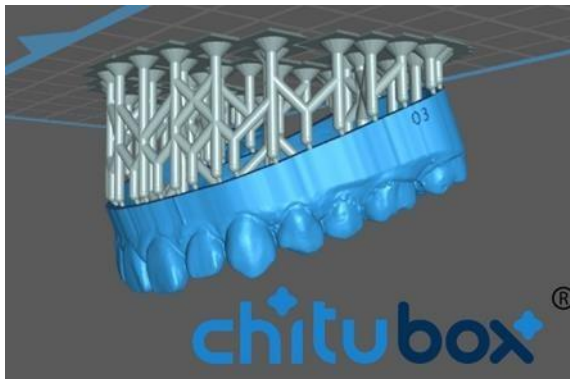
Después de configurar los soportes, se deben ajustar los parámetros de impresión, como la altura de capa, el tiempo de exposición y la velocidad de elevación. Estos parámetros varían dependiendo del tipo de resina y la impresora 3D específica.

Chitubox Dental proporciona perfiles preconfigurados para diferentes materiales y máquinas, facilitando este proceso (22).

Una vez configurados todos los parámetros, se realiza el corte del modelo, dividiéndolo en capas que la impresora 3D puede interpretar. El software genera un archivo de corte que contiene todas las instrucciones necesarias para la impresora. Este archivo se guarda en un formato compatible y se transfiere a la impresora 3D.

Finalmente, se inició la impresión 3D siguiendo las instrucciones del archivo generado. Fue importante monitorear el proceso para asegurar que no hubiera fallos y que el modelo se imprimiera correctamente (22).

Figura 3: Modelo dental con soportes- Interfaz de Chitubox Dental



La impresora que se utilizó en el proceso fue la impresora 3D Dental shining 3D AccuFab-L4D, que según el fabricante, brinda un resultado de impresión de alta fidelidad y proporciona un eficiente flujo de trabajo desde el escaneo intraoral hasta la impresión 3D. (Figura 4) (22).

Figura 4: Impresora 3D Dental shining 3D AccuFab-L4D



REGISTRO FOTOGRAFICO Y ESTANDAR DE REFERENCIA

Para la documentación y evaluación de los puntos de contacto oclusales en el estudio “Correlación de puntos de contacto en registros oclusales digitales e impresos en 3D”, se empleó una cámara Canon EOS Rebel T7 para la obtención de fotografías clínicas estandarizadas. Las imágenes fueron capturadas bajo condiciones controladas de iluminación, distancia y angulación, garantizando la reproducibilidad y calidad de los registros.

Las fotografías obtenidas fueron consideradas el Gold Standard del estudio, debido

a su capacidad para proporcionar una visualización detallada y directa de los puntos de contacto oclusales. Este estándar de referencia permitió comparar y evaluar la concordancia entre los registros digitales y los modelos impresos en 3D, contribuyendo a la validación de los métodos analizados y a la confiabilidad de los resultados obtenidos.

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se compararon los puntos de contacto registrados en escaneos digitales y modelos impresos para incisivos, caninos y molares del cuadrante 1 y 4 en los 20 pacientes. Para la referencia de los puntos de contacto, se tuvo en cuenta el mapa de color de la aplicación MEDIT LINK, donde se empezó a contar un registro de este desde el color verde (normal), lo que significa que ya existe un contacto real entre los dientes superiores e inferiores.

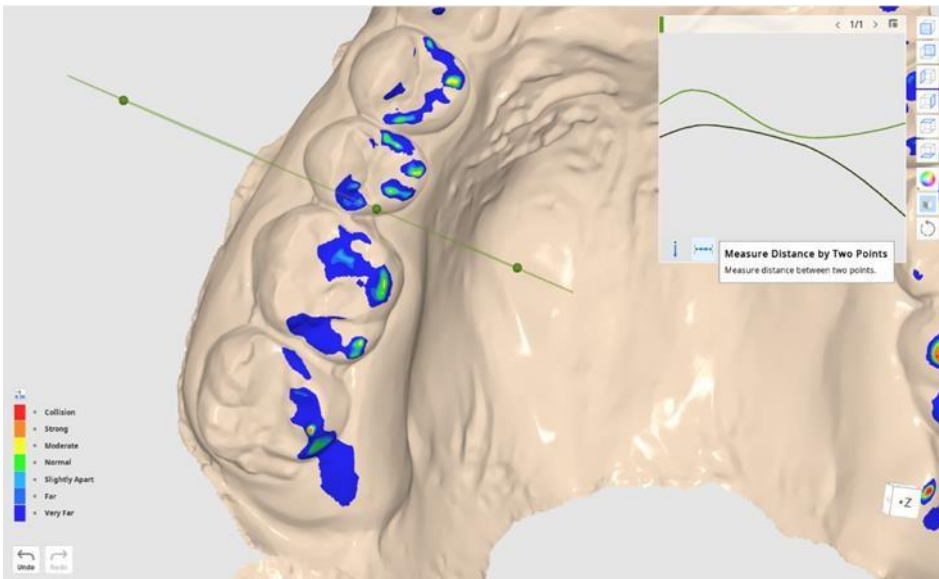
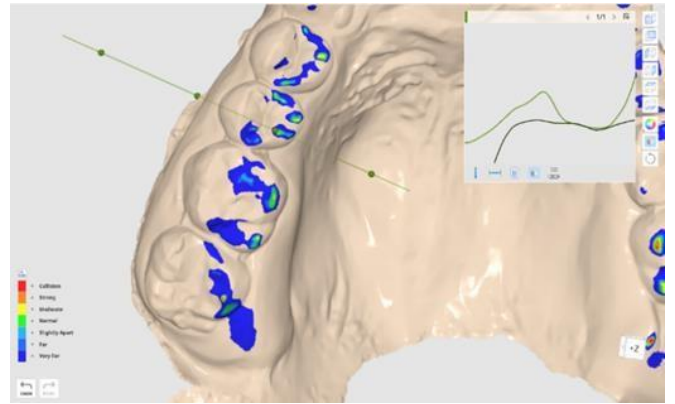
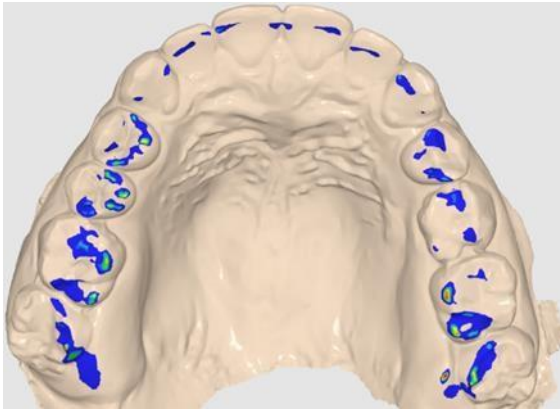
Figura 5: Tabla de verificación de cercanía por colores de dientes superiores con inferiores aplicación MEDIT LINK

«	Collision	0,100 <
«	Strong	0,050 ~ 0,100
«	Moderate	0,020 ~ 0,050
«	Normal	-0,020 ~ 0,020
«	Slightly Apart	-0,050 ~ -0,020
«	Far	-0,100 ~ -0,050
«	Very Far	-0,500 ~ -0,100

En la figura 5 se observan siete colores donde el rojo se refiere a una colisión de las estructuras el naranja a un contacto fuerte, amarillo a un contacto moderado verde a un contacto normal, azul cielo un contacto ligeramente apartado, azul rey un contacto lejos y azul oscuro a un contacto muy lejano, Además de tomar la guía del mapa de colores donde se indica que desde el color verde existe un contacto real, también se apoya con una ayuda del software la cual permite realizar cortes transversales en cada zona que marca un color donde se supone que hay un contacto, al pasar el corte en las zonas donde marca el color azul claro “ligeramente apartado” esta ayuda permite corroborar con el corte transversal relacionando diente superior e inferior que realmente no hay un contacto y que verdaderamente empieza un contacto real con el color verde.

Figura 6: Cortes transversales en modelos

En esta figura se observa un corte transversal donde se tendría duda sobre si existe un contacto o no, el programa nos guía con cortes transversales donde se realiza un zoom del área y se puede observar si en realidad se presenta el punto de contacto.



Análisis estadístico

Se realizó un análisis exploratorio de normalidad, seguido de análisis univariado y bivariado. Para evaluar la concordancia entre los tres métodos (software S, modelo impreso M y fotografía clínica P como Gold estándar) se utilizó el coeficiente kappa de Cohen, interpretado según la escala de Landis y Koch: $<0,00$ (pobre), $0,00-0,20$ (ligera), $0,21-0,40$ (aceptable), $0,41-0,60$ (moderada), $0,61-0,80$ (sustancial) y $0,81-1,00$ (casi perfecta). Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

Resultados

A continuación, se describen los resultados de las comparaciones según la zona anatómica.

Incisivos inferiores

En los incisivos inferiores, la comparación software vs modelo impreso (S vs M) mostró una concordancia sustancial para la variable C_inci_inf_ID ($\kappa = 0,643$; $p = 0,002$). O sea, ambos métodos digitales coinciden bien. Pero al comparar con la fotografía clínica (S vs P y M vs P), los resultados de kappa fueron negativos o cercanos a cero ($-0,167$ y $-0,091$), lo que indica una concordancia casi nula. Esto llamó la atención ya que se esperaba que la foto fuera el estándar de referencia. Tabla 1.

Incisivos superiores

Para la variable C_inci_sup_PMD, la concordancia fue de moderada a sustancial en todas las comparaciones: S vs M ($0,608$; $p = 0,007$), S vs P ($0,459$; $p = 0,015$) y M vs P ($0,459$; $p = 0,015$). Eso sugiere que en este punto de contacto los tres métodos funcionan parecido. La variable C_inci_sup_PCM dio una concordancia casi perfecta entre software y foto ($\kappa = 1,000$; $p < 0,001$), aunque con el modelo impreso no se pudo concluir por falta de datos. Tabla 2

Caninos inferiores

En caninos inferiores se encontró concordancia sustancial entre software y modelo en C_Can_inf_IM ($0,733$; $p = 0,001$). La comparación S vs P fue moderada en

C_Can_inf_IMD (0,600; $p = 0,007$). Y la variable C_Can_inf_ID mostró concordancia moderada entre modelo y foto (0,467; $p = 0,037$). Tabla 3

Caninos superiores

En caninos superiores, la variable C_Can_Sup_PD tuvo valores moderados a sustanciales en todas las comparaciones: S vs M (0,634; $p = 0,002$), S vs P (0,634; $p = 0,002$) y M vs P (0,560; $p = 0,012$). Para C_Can_Sup_PM, la concordancia fue moderada en S vs M (0,510; $p = 0,017$) y S vs P (0,479; $p = 0,024$), pero M vs P no fue significativa. Tabla 4

Molares inferiores

Aquí hubo varios hallazgos. Destaca C_Mol_Inf_OMDM con concordancia sustancial en S vs M (0,692; $p = 0,001$). C_Mol_Inf_OVM mostró valores aceptables a moderados en S vs M (0,549; $p = 0,015$) y S vs P (0,348; $p = 0,040$). Llamó nuestra atención que C_Mol_Inf_OLM tuvo concordancia sustancial solo entre modelo y foto (0,643; $p = 0,002$), lo que sugiere que el modelo impreso se acerca más al Gold Tabla 5

Molares superiores

En molares superiores, C_Mol_Sup_OPM alcanzó concordancia sustancial en S vs M (0,615; $p = 0,003$). C_Mol_Sup_OMDM fue moderada en S vs M (0,444; $p = 0,047$). Y C_Mol_Sup_OVMD mostró concordancia moderada solo en M vs P (0,459; $p = 0,015$). Tabla 6

Del total de comparaciones se observó una tendencia: la concordancia fue más alta entre software y modelo impreso (S vs M), sobre todo en zonas de fácil acceso para el escaneo. Sin embargo, la concordancia de estos métodos con la fotografía clínica fue variable, desde pobre hasta sustancial según la localización anatómica. Algunos kappas negativos o cercanos a cero (sin significancia) indican que, clínicamente, esos puntos de contacto no son confiables con los métodos digitales

Discusión

En el presente estudio, la comparación entre el software de escaneo (S) y el modelo impreso en 3D (M) mostró una tendencia clara hacia una concordancia moderada a sustancial en múltiples variables, especialmente en regiones de fácil acceso para el escáner intraoral. Este hallazgo sugiere que el flujo de trabajo digital desde la captura intraoral hasta la impresión 3D es clínicamente consistente cuando se siguen protocolos estandarizados (21)

Resultados similares han sido reportados en la literatura. Un estudio de Cheng et al (1) comparó el escaneo intraoral con el escaneo de modelos de yeso y encontró que el escaneo intraoral refleja un contacto oclusal más estrecho, con una distancia media oclusal menor en 0.134-0.207 mm y un área de contacto mayor en 8.65-11.46 mm² dependiendo del número de dientes escaneados (10). Esto respalda nuestra observación de que los métodos digitales (S y M) tienden a concordar bien entre sí, aunque con variaciones según la localización anatómica.

Comparación con el Gold estándar: fotografía clínica

La concordancia entre los métodos digitales (S y M) y la fotografía clínica (P) como estándar de referencia fue más variable, con valores de kappa que oscilaron entre pobres y sustanciales. En particular, los incisivos inferiores mostraron una concordancia casi nula (kappa negativos) entre los métodos digitales y la fotografía. Esto podría explicarse por varias razones.

En primer lugar, la fotografía clínica captura los puntos de contacto oclusal en condiciones reales de máxima intercuspidad, con la presión oclusal natural del paciente. En cambio, el escáner intraoral requiere que el paciente mantenga la boca abierta y la posición durante el escaneo, lo que podría alterar sutilmente la relación oclusal. Un estudio de la IADR (2023) evaluó el registro de mordida con escáner intraoral frente a papel de articular y encontró una concordancia moderada (kappa = 0.391) entre ambos métodos, aunque el escáner registró significativamente menos puntos de contacto (33.17 ± 9.04 vs. 41.89 ± 6.34 ; $p < 0.05$) [4]. Esto coincide

con nuestra observación de que los métodos digitales tienden a subestimar ciertos contactos, especialmente en zonas de difícil acceso como los incisivos inferiores.

Factores que influyen en la precisión del escáner intraoral

El escáner Aoralscan 3 utilizado en este estudio ofrece ventajas técnicas que pueden explicar algunos de nuestros hallazgos. Según la documentación del fabricante, este escáner alcanza una velocidad de 20 fotogramas por segundo y una precisión de ≤ 0.01 mm por unidad dental, con un campo de escaneo de 16 mm × 12 mm × 22 mm [3][7]. Además, su tecnología de inteligencia artificial identifica y filtra automáticamente tejidos blandos, lo que facilita el proceso [5]. Sin embargo, a pesar de estas capacidades, la precisión en la captura de puntos de contacto oclusales sigue siendo dependiente de factores como la humedad de la cavidad oral, la cooperación del paciente y la experiencia del operador.

Estudios previos han demostrado que los escáneres intraorales pueden producir resultados clínicamente aceptables para restauraciones de una sola corona, sin diferencias significativas en el ajuste marginal, ajuste interno, contacto oclusal o contactos proximales en comparación con otros escáneres [1]. No obstante, la concordancia con el gold estándar sigue siendo un desafío, especialmente en regiones anteriores donde la anatomía dental es más compleja y el acceso es más limitado.

Limitaciones del estudio y recomendaciones clínicas

Nuestro estudio presenta varias limitaciones que deben considerarse, primero el uso de fotografía clínica como Gold estándar, aunque es un método ampliamente aceptado, tiene sus propias limitaciones en términos de estandarización del ángulo, la iluminación y la interpretación de los puntos de contacto. Además, no se evaluó la variabilidad con un tercero la visibilidad de puntos, lo que podría influir en la concordancia.

Clínicamente, nuestros hallazgos sugieren que para restauraciones en zonas posteriores (molares y premolares), el flujo de trabajo digital (escáner + modelo

impreso) es confiable. En zonas anteriores, especialmente incisivos inferiores, se recomienda complementar la evaluación digital con métodos convencionales (papel de articular o fotografía clínica). La estandarización del protocolo de escaneo incluyendo el secado de la cavidad oral, la posición del paciente y la verificación de la relación oclusal es crucial para mejorar la concordancia.

Conclusiones

La investigación concluye que:

- Los modelos digitales obtenidos con el escáner Aoralscan 3 son confiables para determinar puntos de contacto oclusales en zonas anteriores (incisivos y caninos), pero menos exactos en molares debido al error acumulativo y la dificultad de acceso.
- Los modelos impresos en 3D muestran buena fidelidad al archivo digital original, aunque su precisión disminuye al compararlos con la realidad clínica por errores propios de la impresión (contracción, resolución de capa, distorsiones).
- Los métodos digitales evaluados son herramientas clínicamente útiles y aceptables para el análisis oclusal en la mayoría de los escenarios de rehabilitación oral, especialmente en el sector anterior. Sin embargo, no son perfectos ni intercambiables con la evaluación clínica directa.
- La exactitud de los puntos de contacto se ve afectada por múltiples factores técnicos (resolución de escaneo e impresión, contracción del material) y biológicos (variabilidad en la fuerza de cierre, experiencia del paciente).

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la correlación de

los puntos de contacto en modelos impresos y archivos STL, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda el uso de diferentes materiales de impresión siempre y cuando se utilice el mismo en el estudio con el propósito de determinar si estos factores influyen en la precisión y reproducción de los puntos de contacto.
2. Se sugiere estandarizar los protocolos del escaneo en los pacientes, el diseño digital bajo las mismas medidas y/o distancias del modelo y el articulado para reducir posibles variaciones metodológicas que puedan afectar la comparación entre los modelos físicos y los archivos digitales.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestros padres por el apoyo financiero de este proyecto, a la institución UNICOC por brindarnos el espacio para llevar a cabo dicha investigación, a nuestros tutores por su tiempo y dedicación.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con la realización de este estudio. El escáner intraoral Aoralscan 3 y la impresora AccuFab-L4D utilizados en la investigación fueron equipos disponibles en la institución para fines académicos y de docencia. No se recibió financiamiento por parte de los fabricantes (Shining 3D ni ningún otro) para el diseño, recolección, análisis o publicación de los resultados. Los autores no mantienen vínculos laborales, asesorías, acciones ni regalías con ninguna empresa relacionada con los productos evaluados.

Referencias

1. Rodríguez Sánchez AS. Estudio comparativo de un sistema de impresión convencional y el sistema di...: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG): Digital Repository [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://eds-p-ebsohost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=2&sid=ff059a7d-feaa-4784-a263-593635860a0e%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#d b=edsbas&AN=edsbas.9341EDBA>
2. Fraile Benítez C, Pradés Ramiro GJ, Ferreiroa Navarro A, Solaberrieta Méndez E. Fiabilidad de los registros oclusales intermaxilares obtenidos mediante sistemas digitales: estudio clínico transversal [Internet]. 2020 [cited 2025 May 10]. Available from: <https://openurl-ebso-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsoai:edsoai.on1468954120?sid=ebso:plink:cr awler&id=ebso:edsoai:edsoai.on1468954120&crl=c>
3. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent. 2016 Mar 1;115(3):313–20. doi:10.1016/J.PROSDENT.2015.09.011 PubMed PMID: 26548890.
4. García de Lara Fernández A. idUS - Toma de impresión sobre implantes: Precisión de las técnicas convencionales frente a digitales [Internet]. [SEVILLA]: Universidad de sevilla; 2021 [cited 2024 Mar 18]. Available from: <https://idus.us.es/handle/11441/134290>
5. Carrillo Vaca DG, Astudillo Ortiz JL. Precisión de las impresiones digitales intraorales: una revisión de literatura. Odontología, Vol 23, Nº 2, 2021 (Ejemplar dedicado a: Julio - Diciembre) [Internet]. 2021 [cited 2025 Feb 23]. Available from: <https://openurl-ebso-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsdia:edsdia.ART0001513853?sid=ebso:plink:c rawler&id=ebso:edsdia:edsdia.ART0001513853&crl=c>
6. Kamimura E, Tanaka S, Takaba M, Tachi K, Baba K. In vivo evaluation of inter-

- operator reproducibility of digital dental and conventional impression techniques. PLoS One. 2017 Jun 1;12(6). doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0179188 PubMed PMID: 28636642.
7. Tomita Y, Uechi J, Konno M, Sasamoto S, Iijima M, Mizoguchi I. Accuracy of digital models generated by conventional impression/plaster-model methods and intraoral scanning. Dent Mater J. 2018;37(4):628–33. doi:10.4012/DMJ.2017-208 PubMed PMID: 29669951.
 8. Hurtado Morales MA, Cortellezzi SSS, Juan Emilio Jiménez García, Jaime Trapote Mateo S. article in journal/newspaper [Internet]. 2019 [cited 2024 Mar 15]. Precisión y fidelidad de los escáneres intraorales en rehabilitaciones full...: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia). Available from: https://eds-p-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=1&sid=7b79f9cd-8e30-4fdf-99ca-14482c5378ec%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#A_N=edsbas.2CD1B08F&db=edsbas
 9. Christine K, Christine K. Accuracy of full arch digital impressions: an in-vitro and in- vivo comparison [Internet]. Align Technology; 2025 [cited 2025 May 10]. Available from: <https://openurl-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsict:edsict.DRKS00015459?sid=ebshost:plink:crawler&id=ebshost:edsict:edsict.DRKS00015459&crl=c>
 10. Hurtado Morales MA, Cortellezzi S, Santiago Saracho JE, Jiménez García J, Trapote Mateo S. Precisión y fidelidad de los escáneres intraorales en rehabilitaciones full arch con implantes dentales [Internet]. 2019 [cited 2026 Apr 6]. Available from: <https://openurl-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/contentitem/edsbas:edsbas.2CD1B08F?sid=ebshost:plink:crawler&id=ebshost:edsbas:edsbas.2CD1B08F&crl=c>
 11. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia) [Internet]. [cited 2024 May 5]. Available from: https://eds-p-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=1&sid=e7b31bc2-0207-467c-9eaa-4c9a6e6a48ec%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#A_N=edsbas.2CD1B08F&db=edsbas

[T1zaXRI#db=cat09082a&AN=ucoc.7218](#)

12. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O. Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health* 2019 19:1. 2019 Jun 6;19(1):101-. doi:10.1186/S12903-019-0792-7 PubMed PMID: 31170969.
13. Güth JF, Runkel C, Beuer F, Stimmelmayer M, Edelhoff D, Keul C. Accuracy of five intraoral scanners compared to indirect digitalization. *Clin Oral Investig*. 2017 Jun 1;21(5):1445–55. doi:10.1007/S00784-016-1902-4 PubMed PMID: 27406138.
14. Piza Pellizzer E, De Luna Gomes JM. La odontología digital en rehabilitación oral. *Odontología Sanmarquina*. 2021 Mar 31;24(2):3–4. doi:10.15381/OS.V24I2.19882
15. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-Arch dental impressions: A new method of measuring trueness and precision. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013 Feb 1;109(2):121–8. doi:10.1016/S0022-3913(13)60028-1 PubMed PMID: 23395338.
16. Grau Sacoto MA. Evaluación de exactitud de los métodos convencionales y digitales para obte...: En SIDECC (Sistema de Descubrimiento Colegios de Colombia) [Internet]. 2021 [cited 2024 Mar 12]. Available from: <https://eds-p-ebshost-com.lgproxy.unicoc.edu.co/eds/detail/detail?vid=3&sid=ff059a7d-feaa-4784-a263-593635860a0e%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2I0ZT1lZHMtY2ZSZzY29wZT1zaXRI#AN=edsbas.7F6B161C&db=edsbas>
17. Seo K, Kim S. A New Method to Evaluate Trueness and Precision of Digital and Conventional Impression Techniques for Complete Dental Arch. *Applied Sciences* 2021, Vol 11,. 2021 May 17;11(10). doi:10.3390/APP11104612
18. Nulty A. A comparison of trueness and precision of 12 3D printers used in dentistry. *BDJ Open*. 2022 Dec 1;8(1). doi:10.1038/S41405-022-00108-6
19. Camardella LT, de Vasconcellos Vilella O, Breuning H. Accuracy of printed dental models made with 2 prototype technologies and different designs of model bases. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2017 Jun 1;151(6):1178–87. doi:10.1016/j.ajodo.2017.03.012 PubMed PMID: 28554463.

20. Additive Manufacturing Technologies Used for Processing Polymers: Current Status and Potential Application in Prosthetic Dentistry - Revilla-León - 2019 - Journal of Prosthodontics - Wiley Online Library [Internet]. [cited 2026 Apr 11]. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jopr.12801?msockid=06ca1f2fbf9860340c0e0b32be37618d>
21. Jeong M, Radomski K, Lopez D, Liu JT, Lee JD, Lee SJ. Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. Dent J (Basel). 2024 Jan 1;12(1). doi:10.3390/DJ12010001
22. Gavounelis NA, Gogola CMC, Halazonetis DJ. The Effect of Scanning Strategy on Intraoral Scanner's Accuracy. Dent J (Basel). 2022 Jul 1;10(7):N.PAG-N.PAG. doi:10.3390/DJ10070123
23. Alghauli MA, Almuzaini SA, Aljohani R, Alqutaibi AY. Impact of 3D printing orientation on accuracy, properties, cost, and time efficiency of additively manufactured dental models: a systematic review. BMC Oral Health. 2024 Dec 1;24(1). doi:10.1186/S12903-024-05365-5 PubMed PMID: 39725946.

24. Alkadi L. A Comprehensive Review of Factors That Influence the Accuracy of Intraoral Scanners. *Diagnostics* (2075-4418). 2023 Nov 1;13(21):3291. doi:10.3390/DIAGNOSTICS13213291
25. Agustín-Panadero R, Moreno DM, Pérez-Barquero JA, Fernández-Estevan L, Gómez-Polo M, Revilla-León M. Influence of type of restorative materials and surface wetness conditions on intraoral scanning accuracy. *J Dent*. 2023 Jul 1;134. doi:10.1016/J.JDENT.2023.104521 PubMed PMID: 37061118.
26. Manziuc MM, Savu MM, Almășan O, Leucuța DC, Tăut M, Ifrim C, et al. Insights into Occlusal Analysis: Articulating Paper versus Digital Devices. *Journal of Clinical Medicine* 2024, Vol 13,. 2024 Jul 31;13(15). doi:10.3390/JCM13154506

Anexos – Fotografías/Gráficos/Esquemas/Tablas

Tablas:

Tabla 1 Variable comparación Kappa P

Grupo dentario	Variable	Comparación	Kappa	P	Interpretación
Incisivos Inferiores	C_inci_inf_ID	S vs M	0.643	0.002	Sustancial

Tabla 2 Comparación Kappa incisivos

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Incisivos Superiores	C_inci_sup_P MD	S vs M	0.608	0.007	Sustancial
	C_inci_sup_P MD	S vs P	0.459	0.015	Moderada
	C_inci_sup_P MD	M vs P	0.459	0.015	Moderada

	C_inci_sup_P CM	S vs P	1.000	<0.00 1	Casi perfecta
--	--------------------	--------	-------	------------	---------------

Tabla 3 Comparación kappa P caninos inferiores

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Caninos inferiores	C_Can_inf_ID	M vs P	0.467	0-037	Moderada
	C_Can_inf_IM	S vs M	0.733	0.007	Sustancial
	C_Can_inf_IM D	S vs P	0.600	0.007	Moderada

Tabla 4 Comparación Kappa P Caninos superiores

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Caninos superiores	C_Can_inf_IM D	S vs M	0.634	0.002	Sustancial
	C_Can_sup_P D	S vs P	0.634	0.002	Sustancial

	C_Can_sup_P D	M vs P	0.560	0.01 2	Moderada
	C_Can_sup_P M	S vs M	0.510	0.01 7	Moderada
	C_Can_sup_P M	S vs P	0.479	0.02 4	Moderada

	C_Can_sup_P	S vs M	0.459	0.01	Moderada
	MD			5	

estándar que el software para ese punto. Tabla 5

Tabla 5 comparación kappa P molares inferiores

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Molares inferiores	C_Mol_inf_OV	S vs P	0.412	0.02	Moderada
	D			3	
	C_Mol_inf_OV	S vs M	0.459	0.01	Moderada
	M			5	
	C_Mol_inf_OV	S vs P	0.348	0.04	Aceptable
	M			0	
	C_Mol_inf_OM	S vs M	0.692	0.00	Sustancial
	DM			1	
	C_Mol_inf_OL	M vs P	0.643	0.00	Sustancial
	M			2	

Tabla 6 Comparación Kappa P molares superiores

GRUPO DENTARIO	VARIABLE	COMPARACIÓN	KAPPA	P	INTERPRETACIÓN
Molares superior	C_Mol_sup_OV	M vs P	0.459	0.01	Moderada
	MD			5	

es					
	C_Mol_sup_OM DM	S vs M	0.444	0.04 7	Moderada
	C_Mol_sup_OP M	S vs M	0.615	0.00 3	Sustancial

Tabla 7 Correlación de puntos de contacto oclusales

Comparación	Nivel de concordancia observado	Hallazgos clave / Observaciones
Software (S) vs Modelo impreso (M)	Alta	Mayor concordancia en zonas de fácil acceso para el escaneo.
Software (S) vs Fotografía clínica	Variable (pobre a sustancial)	Depende de la localización anatómica del punto de contacto.
Modelo impreso (M) vs Fotografía clínica	Variable (pobre a sustancial)	Depende de la localización anatómica del punto de contacto.

Tabla 8 Hallazgos específicos sobre confiabilidad clínica

Indicador	Resultado	Interpretación clínica
Coeficiente Kappa	Valores negativos o cercanos a cero (sin significancia estadística)	Los puntos de contacto oclusales identificados con métodos digitales (software y modelo impreso) no son clínicamente confiables en esas localizaciones.
Significancia estadística	No significativa ($p > 0.05$ implícito por "sin significancia")	La concordancia observada puede deberse al azar.

Tabla 9 Tabla de variables

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de Medición	Valores posibles	Fuente de información
Edad	Número de años cumplidos hasta el momento del examen	Cuantitativa	Numerica de razón discreta	18 a n años	Registro de campo
Número de puntos de contacto	Áreas de contacto entre los dientes adyacentes en la arcada dental cuando los dientes están en oclusión (clínicos, digital e impresos)	Cuantitativa	Numerica de razón discreta	0... n	Registro de campo
Historia de Ortodoncia	Sujeto que estuvo sometido a tratamiento de ortodoncia previo	Cualitativa	Nominal	Si o no	Registro de campo

Figura 1: Método de escaneo por estereolitografía

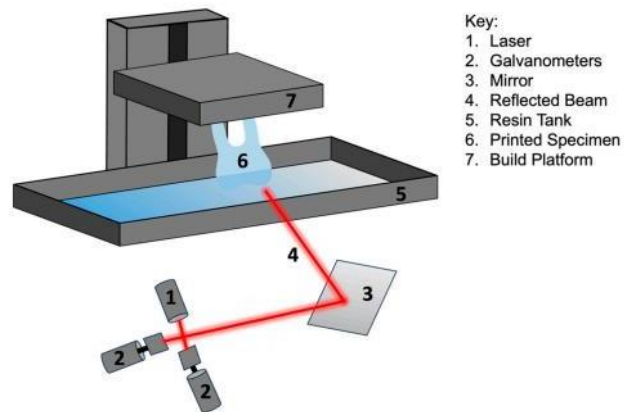


Figura 2: método de impresión por procesamiento de luz digital (DLP)

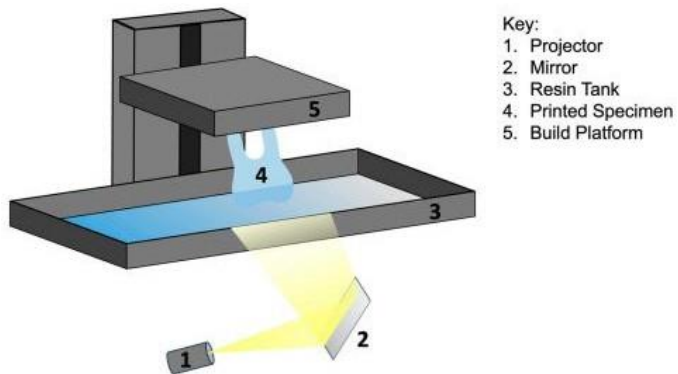


Figura 3: Tabla de verificación de cercanía por colores de dientes superiores con inferiores

« Collision	0,100 <
« Strong	0,050 ~ 0,100
« Moderate	0,020 ~ 0,050
« Normal	-0,020 ~ 0,020
« Slightly Apart	-0,050 ~ -0,020
« Far	-0,100 ~ -0,050
« Very Far	-0,500 ~ -0,100

Figura 4: Trazado de exploración con AoralScan 3 (Shining)

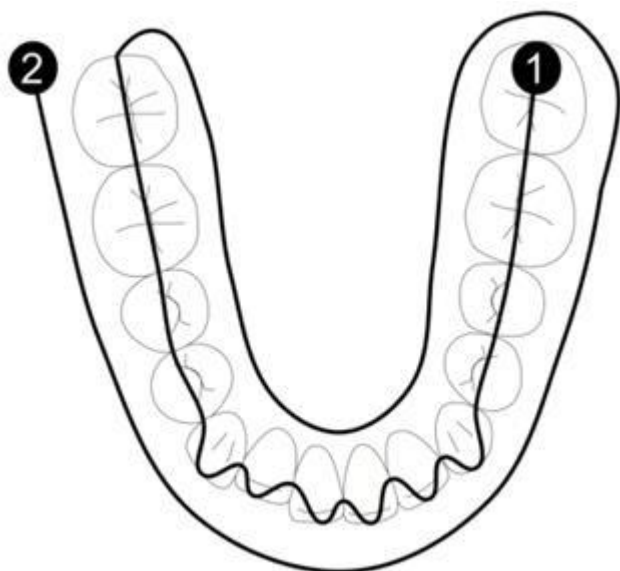


Figura 5: Escáner intraoral. AoralScan 3 Shining

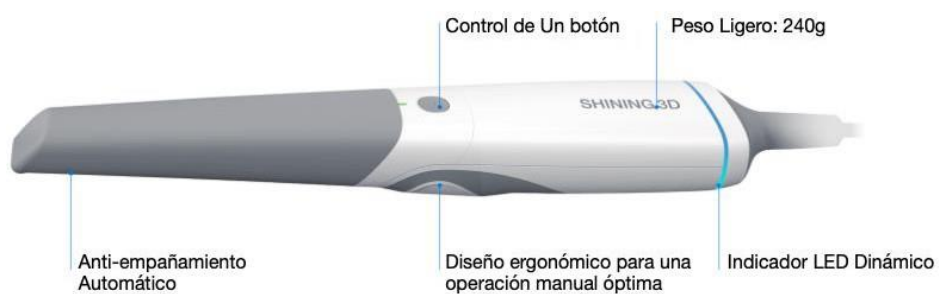


Figura 6: Modelo dental con soportes- Interfaz de Chitubox Dental

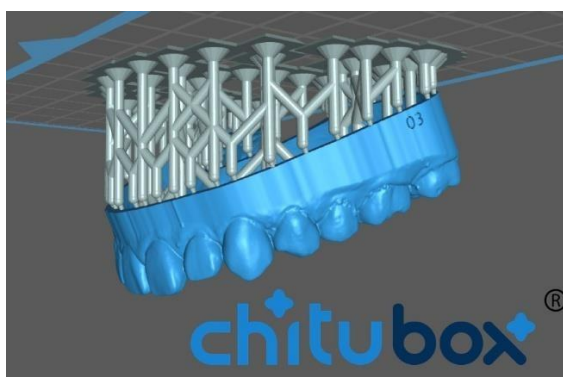


Figura 7: Impresora 3D Dental Shining 3D AccuFab-L4D



Figura 8: Cortes transversales de modelos digitales

