



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ciencias de la Salud

**ANALISIS DE IMPRESORAS 3D
GUIA PARA REALIZAR UNA CORRECTA ELECCION PARA EL USO
CLINICO ODONTOLOGICO**

**POR: PABLO ULLOA MATUS
DOMINGO POBLETE GÓMEZ**

Tesina presentada a la Facultad Ciencias de la Salud, de la Universidad del
Desarrollo para optar al Postítulo de Especialidad en Rehabilitación Oral

**PROFESOR GUIA
Dr. Carlos Cáceres Gutiérrez
Especialista en Rehabilitación Oral**

Junio 2018 CONCEPCION

TABLA DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS	i
RESUMEN	ii
1 INTRODUCCION	4
2 IMPRESORAS 3D	5
2.1 Usos de impresoras 3D.....	6
2.2 Odontología	8
2.3 Ortodoncia e impresión 3D	9
2.4 Impresión 3D e implantes dentales	10
2.5 Otros usos odontológicos	13
3 CARACTERISTICAS DE LAS IMPRESORAS 3D	14
3.1 Técnicas de impresión.....	14
3.2 Materiales de impresión características y propiedades	17
3.3 Materiales usados en odontología	19
3.4 Archivos que pueden ser usados y compatibilidad	26
3.5 Volumen de impresión	26
3.6 Velocidad	27
3.7 Tamaño.....	27
3.8 Tratamiento post-impresión	28
4 CUADRO COMPARATIVO DE IMPRESORAS	29
5 CONCLUSIONES	50
6 BIBLIOGRAFIA	52

INDICE DE TABLAS

	Página
TABLA 1.1 Comparación entre form2, planmeca creo, moonray s, moonray d, evodent dlp 3d	30
TABLA 1.2 Comparación entre Object Eden 260 VS Dental selection, Objection Eden 260VS Dental Advantage, J700 Dental, Object 30 Orthodesk, Object Dental Prime	33
TABLA 1.3. Comparación entre DentaForm, Velox, NextDent 5100, Cara Print 4.0, Hunter	37
TABLA 1.4 Comparación entre Asiga MAX, Asiga PICO2, Asiga PICO HD, Asiga Pro2, DFAB	41
TABLA 1.5 Comparación entre Ackuray A135, Diplo, DWP 80s, Perfactory 4 mini XL DDP, Vida cDLM	45
TABLA 1.6 Comparación entre Projet 6000 y 7000 HD, Projet MJP 3600 Dental, ProX DMP 200 Dental	48

RESUMEN

Para el cirujano dentista que está en constante actualización es importante el conocer y poder vislumbrar las mejores alternativas a la hora de adquirir una impresora 3D conociendo y comprendiendo los distintos tipos de materiales disponibles, las técnicas de impresión usadas, así como también sus diversas aplicaciones tanto a nivel intraoral como extraoral.

Mediante una investigación y comparación entre las impresoras 3D basada en la información de mercado entregada por todas las compañías, tendrá la capacidad para realizar la elección que más se acomode a sus necesidades, valorando factores como las dimensiones, peso, precio, tipo de impresión, material, archivo utilizado, compatibilidad, velocidad de impresión, exactitud de impresión en la reproducción de detalles, volumen de impresión, espesor de capas y lo más importante sus aplicaciones odontológicas en la práctica diaria y así poder evaluar una opción para poder optimizar el trabajo clínico.

1.- INTRODUCCIÓN

La odontología, es sabido por todos, entra dentro de las categorías de profesiones dentro de las cuales los avances tecnológicos y científicos van marcando una línea de desarrollo que se puede observar día a día. Es así como la digitalización e impresoras 3D vista hace un par de años como algo quizás aun lejano hoy en día ya se encuentra inmersa en todas las áreas, ya sea laboratorios o en clínicas, y no es algo de la cual podamos estar ajenos.

Todo esto representa un desafío a la hora de querer subirse a este carro tecnológico y en el cual el cirujano dentista puede encontrarse un poco desorientado al querer adquirir o simplemente utilizar dichas tecnologías ya que estos sistemas requieren una actualización y capacitaciones constantes.

Es importante entonces el conocer algunas características de las impresoras antes de empezar a elegir una opción, tales como los materiales utilizados por la mayoría de éstas, exactitud de impresión, velocidades de impresión, versatilidad, precios de mercado y todas las posibles ventajas y desventajas de estas para poder hacer la elección más adecuada adaptada a nuestras necesidades clínicas o de trabajo y poder así sacar el mayor provecho posible a esta herramienta tecnológica.

2.- IMPRESORAS 3D

Durante muchos años la evolución de los sistemas de trabajo en odontología ha buscado una mejor y mas precisa forma de traspasar las preparaciones biológicas a modelos sobre los cuales poder hacer las restauraciones .

Los sistemas convecionales en base a impresiones con siliconas de adición y condensación, siendo la primera sobre la cual nos referiremos, y un modelo duplicado en yeso, han demostrado una gran presición y gran versatilidad en sus usos. Para fines comparativos será importante el considerar que un buen material de impresión es aquel que logra una buena estabilidad dimensional manteniendo forma y tamaño por un tiempo adecuado siendo conservado de 24 a 48 hrs con mínimas variaciones..

Las siliconas por adición son las que presentan mayor estabilidad, la mayor parte de la contracción se produce en los primeros 3 minutos luego de la desinserción, y que es compensada por la expansión del material de vaciado, generalmente yeso tipo IV, presentando luego de dicha contracción una estabilidad dimensional del 99,8 % (Ricardo L Macchi, Materiales Dentales, Ed Medica, Panamericana 2007) por ende la precisión de dicho material no es ineducuada lo que nos hace preguntarnos cuál sería la ventaja real de las impresiones en 3D.

La velocidad es una ventaja fundamental de la impresión 3D que es crítica en la carrera por traer nuevos productos al mercado, pero ¿qué tan rápido es lo suficientemente rápido, y cual es velocidad medida? En realidad, la velocidad es una medida relativa, y cuando se trata de impresión 3D, se relacionan muchas variables para determinar qué es "más rápido" y "más lento" por ende puede ser engañoso. Si bien algunas generalizaciones son apropiadas, pocas son ciertas cuando se considera en su totalidad el concepto de velocidad.

La conclusión correcta considera el tiempo de proceso total, grado de automatización, configuración y la velocidad de impresión, pero realmente lo que se busca es un proceso eficiente: uno que tiene algunos cuellos de botella, mucha automatización y rápida

respuesta. Para encontrar esa eficiencia, es necesario entender sus operaciones y conocer la verdad sobre la impresión 3D y el tiempo de procesamiento.

El tiempo que demora en hacer el proceso la impresora es la medida más valorada del proceso. Pero es sólo un componente del tiempo transcurrido, para completar la pieza dicho tiempo de construcción es solo una etapa de una carrera mucho más larga. El proceso de impresión 3D tiene muchas fases, incluida la preparación de archivos, preparación del sistema, construcción, operaciones posteriores a la construcción y post procesamiento por partes. Para medir la velocidad, debemos cronometrar todo el proceso: Comienza el temporizador en el momento en que reciba un archivo STL, y detenerlo cuando la pieza esté lista para su procesamiento.

2.1 Impresoras 3d y su uso

La impresión 3D es, sin lugar a duda, una tendencia en el sector tecnológico. Tanto que no solo se restringe a empresas, sea cual sea su tamaño, sino que muchos particulares se han subido también al carro y ya cuentan con sus propias impresoras 3D en casa.

Es así como las impresoras 3D presentan una gran gama de áreas como son, el sector aeroespacial y militar, arquitectura, automovilismo, productos de consumo, educación, medicina y odontología, sobre estas dos últimas nos referiremos más en extenso.

Medicina

Cuando sólo se ha tenido visibilidad de la anatomía de un paciente desde la perspectiva 2D de una IRM (Imagen por resonancia magnética), una radiografía o una tomografía computarizada, algunos escenarios son imposibles de anticipar. Cuando las cosas no salen según lo planeado, la duración y los costos del procedimiento aumentan, y el tiempo de recuperación del paciente también puede alargarse. Las impresiones 3D pueden ayudar a optimizar la preparación previa a la cirugía para que poder operar con mayor eficiencia y certeza.

Con modelos derivados de escaneos de pacientes, se puede refinar su enfoque terapéutico antes de ingresar al quirófano. Los beneficios físicos, espaciales y táctiles de un modelo físico realista pueden aumentar la preparación y la confianza, ayudando a reducir el tiempo en el quirófano. Las impresoras simulan todo, desde tejidos blandos y músculos hasta cartílago y hueso en un solo trabajo de impresión. Incluso puede incorporar materiales transparentes para obtener una vista sin obstrucciones de los tejidos y vasos sanguíneos ocultos.

Utilizando materiales esterilizables y biocompatibles se puede imprimir en 3D moldes personalizados y guías de corte para cortes más precisos o para dar forma a los implantes del paciente antes de un procedimiento.

Es sabido que existen limitaciones en los modelos tradicionales de estudio debido a que el cuerpo humano es complejo y altamente variable y existen limitaciones a lo que se puede lograr con animales, cadáveres y modelos anatómicos comunes.

- Los animales solo se aproximan a una experiencia clínica humana. También son caros y requieren un entorno controlado.
- Los cadáveres comparten estos inconvenientes y, aunque son anatómicamente precisos, no retienen las características del tejido vivo.
- Los maniqués médicos comunes solo pueden representar la anatomía humana promedio.
- Ninguna de estas opciones puede representar completa y consistentemente un concepto o patología particular.

Sin modelos clínicamente relevantes, los médicos y los estudiantes pierden todo el beneficio de una experiencia práctica. Como resultado, el desarrollo del aprendizaje toma más tiempo y requiere muchas observaciones de aprendizaje antes de obtener la habilidad y el conocimiento requeridos para tener éxito clínico.

Al eludir los pasos de fabricación tradicionales que hacen costosos los modelos de capacitación médica, la impresión 3D de múltiples materiales puede crear modelos realistas, precisos y versátiles en menos tiempo y a una fracción del costo, imprimiendo todas las características necesarias para transmitir los conceptos clave, incluidos los detalles visuales y táctiles sutiles. Utilizando datos reales del paciente, imprime modelos médicos en 3D que demuestran de manera efectiva las características físicas de la patología específica. Debido a que se pueden imprimir en 3D directamente a partir de archivos de imagen y procesamiento CAD, los modelos pueden diseñarse en un solo lugar, almacenarse digitalmente e imprimirse prácticamente en cualquier lugar para agilizar la entrega y evitar daños durante el tránsito

2.2 Odontología

Profesionales dentales, clínicos y los laboratorios están buscando tecnologías de odontología digital e impresión 3D. Estos avances han producido materiales nuevos y de alta calidad que son industrialmente prefabricados, probados y controlados, así como un proceso estandarizado para la creación de exigentes soluciones de tratamiento, que ayudan a los profesionales a la construcción de dispositivos dentales de mayor calidad y consistencia. Las formas tradicionales de crear modelos dentales tienen múltiples oportunidades para generar discrepancias. La técnica, el comportamiento del material y las propiedades del material pueden generar resultados deficientes y porque las técnicas son individualizadas, las discrepancias se pueden ver día a día, y persona a persona, expansiones y contracciones que son desafíos para clínicos y laboratoristas y, a menudo, difíciles de controlar. Estas discrepancias impiden ajustes rápidos dentro del cavidad oral, potencialmente haciendo el tratamiento dental estresante tanto para el clínico como para el paciente, ya que se necesita más tiempo en sillón para abordar los problemas relacionados a esto.

Los softwares de imágenes tridimensionales y moldes dentales impresos en 3D constituyen la base de la odontología digital. Con ellos, los profesionales dentales pueden

seguir un proceso de verificación controlada que duplica la topografía de la cavidad intraoral precisamente, de manera rápida y libre de ansiedad

2.3 Ortodoncia e Impresión 3D

La tecnología dental ortodóntica requiere un conjunto único de habilidades y comprensión para ayudar al tratamiento de los pacientes y alinear adecuadamente los dientes. Tradicionalmente, gran parte del trabajo dependía en gran medida sobre impresiones de alginato menos precisas, que se convierten en modelos de yeso. Estos modelos son usados para fabricar aparatos de ortodoncia, como retenedores de acrílico, protectores bucales, espaciadores y expansores de arco. La fabricación de aparatos de ortodoncia es un proceso increíblemente laborioso que requiere un mayor nivel de experiencia para poder completarlo correctamente y proporcionar al paciente resultados óptimos. La tecnología digital reduce los costos, las cargas de trabajo y errores humanos mediante la automatización del modelo dental procesado mediante fabricación con impresión 3D. Esta nueva tecnología también aumenta la precisión, eficiencia y también ayuda a eliminar posibles fallas al aumentar las opciones de planificación dentro de los tratamientos de ortodoncia.

El tratamiento de ortodoncia digital comienza con una exploración intraoral del paciente. El escaneo se envía electrónicamente al laboratorio, donde se inspecciona para obtener datos completos y convertirlo a una representación 3D de la boca.

Muchas veces, se puede requerir software de terceros para completar cualquier información faltante o inapropiada, y se modifica a un formato imprimible. El objeto es entonces colocar virtualmente el software dentro de la impresora 3D y enrutarla para ser impresa. La impresora 3D de uso odontológico en general cuenta con una muy buena reproducción de detalles, lo que mejora apreciablemente la calidad de los modelos dentales y dispositivos médicos. Un ejemplo de esto es el aparato Herbst, este aparato se usa para corregir la parte anterior y la relación posterior de la mandíbula y maxilar, una

relación que se puede establecer de manera correcta y fácil con digitalización e impresión 3D.

Los modelos impresos en 3D, precisos y completos, se utilizan para fabricar una amplia gama de aparatos de ortodoncia, tales como férulas terapéuticas, protectores bucales, retenedores, expansores y alineadores. Junto con beneficios de retención mencionados anteriormente, aparatos de banda de ortodoncia comparten beneficios similares. Si se requieren bandas, simplemente escaneando los dientes con separadores o cuñas, el modelo puede imprimirse en 3D en el laboratorio y la banda de metal puede ser creada antes del tiempo de término de la sesión y entregado en la misma cita, esto libera tiempo para ambos el paciente y el ortodoncista, que luego puede programar más citas.

La mayoría de los tratamientos requieren que los ortodoncistas mantengan registros dentales por más de 10 años, incluidos los modelos de yeso. Esta ley crea una gran necesidad de espacio de almacenamiento en las oficinas de ortodoncistas con el consiguiente requerimiento de espacio.

La digitalización y la impresión 3D lo han remediado. Los escaneos intraorales digitales califican como una manera de mantener registros de pacientes y pueden ser alojados en el servidor de la clínica o con un compañero de trabajo como el laboratorista dental. Si surge la necesidad de modelos físicos, cualquier impresión intraoral digitalizada de fuente abierta (.STL) se puede imprimir en 3D rápidamente para obtener un modelo dental. Esto crea un espacio muy necesario y elimina el desorden de múltiples modelos para cada paciente en la práctica de ortodoncia

2.4 Impresión 3D e implantes dentales

Los pacientes odontológicos están buscando opciones para mantener la longevidad de sus dientes con una buena salud oral. Los implantes son una solución viable para reemplazar los dientes perdidos sin la necesidad de destruir la dentición sana vecina. Tradicionalmente, se requería para reemplazar un diente faltante preparaciones en dos o

más dientes sanos adyacentes al vano desdentado para construir una prótesis fija plural. Aunque este proceso es efectivo para reemplazar un diente, el tratamiento también desgasta las estructuras dentales de los dientes adyacentes sanos. Los Implantes dentales eliminan ese requisito y son más conservadores en la sustitución del diente faltante. Un cirujano dentista puede colocar un implante en el sitio sin afectar o dañar los dientes sanos adyacentes. Se necesita especial consideración antes de colocar un implante dental con la ubicación, angulación y el tamaño del implante el cual debe ser apropiado y específico para el sitio, y considerando la biomecánica del hueso, densidad, senos y nervios. Tradicionalmente, la cirugía ha sido hecha a mano alzada, o con guías quirúrgicas que fueron fabricadas en modelos yeso o dentaduras fabricadas en laboratorio, y que fueron perforados previamente para guiar al cirujano dental y el motor dental. Con el avance de la digitalización y tomografía CBCT, verdaderamente la cirugía guiada puede ser realizada de manera sencilla y predecible.

El primer paso en la cirugía guiada de implantes es ejecutar una exploración mediante un *cone beam* al paciente, que proporciona una gran cantidad de información sobre el hueso, densidad ósea, tejido blando, ubicación y nervios. El archivo DICOM, o representación de la anatomía del paciente, está integrado en un programa de software de cirugía guiada, ahí, el clínico y/o técnico dental puede virtualmente colocar un implante y ejecutar una serie de pruebas para garantizar sus mejores resultados de ubicación. Una impresión de la boca del paciente se captura, ya sea digitalmente con un escáner intraoral o con el método análogo, a partir del cual se crea un modelo y escaneado. Esto crea una exploración óptica que proporciona un archivo STL que puede de forma rápida y sencilla superponerse en el archivo DICOM y proporcionar un archivo STL completo para ser importado en el software de cirugía guiada. En el software de cirugía guiada, el clínico elige el tipo de sistema de implante y el tamaño del implante. El software genera automáticamente el implante y permite al clínico posicionar el implante en el hueso de manera virtual. Una vez que el implante y su ubicación están alineados, junto con el escaneo intraoral o modelo escaneado ópticamente, están integrados y superpuestos para convertirse en un código

abierto archivo sucinto STL. Este archivo completo ahora se puede manipular y una guía quirúrgica puede ser diseñada. Diseñando la guía quirúrgica en el software proporciona al clínico la libertad de lograr los resultados óptimos y los mejores protocolos de tratamiento, elevando el estándar y transformando el procedimiento quirúrgico en uno más predecible. Es rápido y fácil para trazar la ubicación y los bordes de la guía, una vez la trama es seleccionada y todas las áreas involucradas son consideradas, el software genera virtualmente un agujero donde se puede unir el manguito de guía del kit quirúrgico. Una vez que se diseña la guía de cirugía de implantes, es simple exportar el archivo STL completo a una impresora 3D para proporcionar una guía. El agujero acepta una manga de metal pegada en la guía, o un agujero predeterminado impreso en 3D y se usa con una manga guía que se ajusta al motor dental y lleva al clínico a la ubicación y profundidad de la colocación deseada del implante. El material de soporte es más tarde eliminado, dejando una guía de cirugía precisa y clara con un orificio para guiar el motor. Estas guías pueden imprimirse según sea necesario o agruparse e imprimir en grupos de guías quirúrgicas en un ciclo de impresión. El tiempo de impresión depende en la altura de la guía quirúrgica; cuanto mayor sea la altura, más tiempo tomará el trabajo de impresión. Hay múltiples beneficios en la impresión 3D de guías quirúrgicas en ambientes clínicos, son tres los beneficios clave, siendo el primero completo control personalizable de la guía quirúrgica y protocolo de tratamiento. Se puede usar cualquier sistema de implantes y personalizar las guías de la manera deseada, se adapta mejor a las necesidades del paciente y los resultados deseados. Este no era el caso antes de poder imprimir en 3D sus propias guías quirúrgicas. Con demasiada frecuencia, usando un vendedor externo para fabricar estas guías limito el proceso, al igual que las opciones limitadas para diámetros específicos, posicionamiento y soporte. La principal limitación con los vendedores externos es el tiempo de respuesta y costo. Con impresión 3D ahora se captura los atributos deseados de múltiples proveedores de guías quirúrgicas e incorpora en su propia guía quirúrgica impresa en 3D. El segundo beneficio en la odontología y lo más destacado es un tratamiento significativamente más rápido, protocolizado y con un tiempo óptimo de

respuesta al paciente. Un paciente puede entrar, ser evaluado y ambos comienzan el tratamiento completo en un tiempo considerablemente más corto. Esto mejora la experiencia del paciente, y proporciona una mejor y más rápida salida. Por último, una impresora 3D en la consulta que genera estas guías quirúrgicas proporciona un costo significativo de adquisición, pero un beneficio de ahorro a largo plazo entre el 50% y 80%.

2.5 Otros usos odontológicos

Es tal la versatilidad en cuanto a usos que nos entregan la impresoras 3D que es factible poder realizar, utilizando los materiales correctos, planos de alivio oclusal, coronas provisionales con máximo ajuste cervical lo que permite salud periodontal óptima, cubetas individuales estandarizando el espesor de material de impresión, modelos educativos tipo Geller, pruebas de estructuras y bases protésicas antes del enmoldado final, patrones calcinables para prótesis fija y bases metálicas para prótesis parciales removibles, todo esto sin considerar las infinitas posibilidades de usos relacionados a estructuras de uso diario, como clamps, arcos de Young, partes de instrumentales dañadas e incluso cuñas, siendo la imaginación el límite en cuanto a posibilidades.

3.- CARACTERÍSTICAS DE LAS IMPRESORAS 3D

3.1 Técnica de impresión

Es importante conocer las técnicas de impresión que existen para finalmente decidir el uso de una impresora según el uso que se le quiera dar.

Modelado por deposición fundida (filamentos) (FDM)

Las impresoras que usan esta tecnología crean capas de abajo hacia arriba, en donde un filamento termoplástico se calienta hasta alcanzar un estado semilíquido y se va extruyendo a través de un cabezal en forma de gotas ultrafinas.

Otorga una menor resolución de detalles en comparación a SLS SLA y DLP

Mayormente usado para imprimir estructuras simples, que no requieran una gran exactitud de detalle. Si es comparada con la Técnica SLA, incluso impresoras SLA de gama baja reproducen mejor los detalles y otorgan una mejor terminación que las impresoras FDM. Tecnología limpia y fácil de utilizar, son estables mecánicamente. Permite esterilización mediante autoclave, óxido de etileno, peróxido de hidrógeno y radiación gamma. Materiales más usados ABS y PLA. El costo de producción y restricción de patentes es mucho menor que las demás técnicas.

Sinterizado selectivo por láser (SLS)

Esta técnica utiliza un láser de gran poder para fusionar partículas de un material de impresión en polvo. Se logra obtener una muy buena reproducción de detalles y geometrías complejas.

Mayormente se utiliza como material Nylon y poliamida con carga de fibra de vidrio, livianos, muy resistentes a condiciones extremas, flexibles. Aunque existen muchos materiales que se pueden usar con esta técnica como por ejemplo metales y cerámicas.

La mayor ventaja es la producción de estructuras muy resistentes al impacto y a las altas temperaturas.

El principal inconveniente es la gran pérdida de material (cercano al 30%).

Requieren mucho tiempo de producción y las impresoras son de gran tamaño. Por lo que son adecuadas para producción a gran escala.

Requiere un post proceso de la impresión, ya que la impresión no es tan “limpia”.

Impresión directa en metal DMP (direct metal printing) o DMLS (direct metal laser sintering).

Es una tecnología que consiste en la impresión de metal o aleaciones metálicas provenientes de un archivo CAD en donde se sinteriza metal en polvo, un láser de alta precisión es dirigido a partículas de metal en polvo para construir delgadas capas de metal una a una.

Puede producir piezas pequeñas y de alta complejidad, presentan el mejor acabado de este tipo, una alta precisión y gran reproducción de detalles.

Estereolitografía (Resina) (SLA - stereolithography apparatus)

En este proceso se transforma un fotopolímero líquido en un patrón sólido mediante la activación con luz ultravioleta, una capa a la vez. El polímero foto reactivo es selectivamente expuesto a la luz para formar capas delgadas siendo “dibujadas” con un láser.

Permite la impresión de objetos pequeños, pero con una gran calidad de detalles. Puede imprimir una gran cantidad de objetos muy detallados en períodos de tiempo relativamente cortos, pero demora más tiempo que el DLP.

Este proceso es mejor para imprimir varios objetos pequeños muy detallados a la vez y para impresiones muy detalladas de mayor tamaño. Este tipo de impresión requiere soportes durante la producción del patrón.

Los objetos impresos no resisten muy bien las altas temperaturas, pudiendo deformarse sobre los 60°C. Es un tipo de técnica muy versátil. Apenas existe desperdicio de material

y casi no requiere un postproceso ya que imprime productos prácticamente listos para usar a excepción de las impresoras de menor tamaño, llamadas “de escritorio”, en donde el producto final requiere un proceso de post polimerización por luz en una cámara por separado, para así poder obtener las propiedades físicas óptimas de los materiales usados.

Procesamiento digital por luz (resina) (DLP)

También corresponde a un tipo de estereolitografía, un fotopolímero líquido se activa mediante un proyector de luz, solidificando las capas en forma de bloques rectangulares (voxel). A diferencia de la SLA no se va “dibujando” sino que capas completas son proyectadas en la resina, imprimiendo por capas.

Permite impresión de objetos pequeños, pero con una gran calidad de detalles.

La velocidad de impresión es más rápida que SLA ya que se expone una capa completa de una sola vez. Al imprimir una gran área a la vez y al hacer objetos pequeños con más detalle, se cambia el tamaño del proyector para imprimir más rápido capas más pequeñas. No puede imprimir una gran cantidad de objetos muy detallados al mismo tiempo, puede imprimir objetos muy detallados, pero en volúmenes pequeños.

Están restringidas por el tamaño del pixel (voxel) lo que afecta principalmente en el acabado superficial, en donde se pueden evidenciar texturas de los bloques (voxels).

Este proceso es mejor para imprimir un objeto pequeño muy detallado, pero uno a la vez y para imprimir más rápidamente partes grandes sin mucho detalle. También requieren soportes especiales durante su fabricación y con las impresoras de escritorio se requiere un proceso de post polimerización por luz.

Impresión de polímeros mediante INKJET (PolyJet – MJP MultiJet printing)

Estos sistemas utilizan un proceso en que dos materiales solidifican al contacto de la luz ultravioleta, pero a diferencia de los demás sistemas, la resina fotopolimerizable en vez de estar en tanques, está contenida en cartuchos y se deposita mediante cabezales antes de ser polimerizados.

Esta técnica nos entrega Impresiones muy precisas, muy buena resolución (menos de 0.016mm), imprime superficies lisas, suaves, geometrías complejas, no requiere soportes especiales y es compatible con muchos materiales y colores. El costo y tiempo de impresión son relativamente bajos, pero en compensación de la versatilidad que presenta, el proceso puede ser un poco más lento que SLA y DLP.

La tecnología “triple jetting” permite imprimir este polímero en distintos colores y texturas en una sola impresión. Ofrecen la más alta resolución en el eje Z.

3.2 Materiales de impresión características y propiedades

Actualmente existe una enorme cantidad de materiales para impresión 3D, utilizados para diferentes tipos de producción y con características y finalidades distintas, algunas impresoras están diseñadas con un único propósito y funcionan con un solo tipo de material, pero muchas impresoras hoy en día permiten un rango de compatibilidad de materiales.

Es importante conocer las características de algunos materiales que pudieran tener aplicaciones clínicas, sus propiedades y su adecuada certificación.

Para la elección de una impresora, antes que todo se debe tener claro el o los productos que se desean obtener y antes de eso el tipo de material que mejor se desempeña en ese tipo de producción, por ejemplo, es muy distinto fabricar instrumental o customizar aparatos, que fabricar un modelo con una gran reproducción de detalles.

A continuación, se hace reseña de forma general a algunos materiales usados en la impresión 3D y luego en detalles los materiales utilizados en odontología y aplicaciones clínicas.

ABS: Se obtiene mediante FDM, por lo que la reproducción de detalles para la odontología no es la mejor. Buenas propiedades mecánicas. Uso en prototipos, modelos educativos, por ejemplo. Muy asequible, es el material de más bajo costo para la tecnología FDM, costo de los filamentos es bajo en promedio \$18 USD el kg. Es el segundo más usado en impresión 3d. Alto punto fusión 230-260°. Emite gases nocivos en elevadas concentraciones – mal olor. Fácil de tratar post impresión (lijar perforar pulir pintar etc.). Existen modificaciones como ABS-M30i, el cual es biocompatible y permite esterilización gamma o por óxido de etileno para la formación de instrumental, herramientas o modelos que requieran contacto con la piel.

PLA: Acido poliláctico, polímero termoplástico, origen natural, biodegradable (3 a 6 meses). Se utiliza en técnicas FDM. Fácil de imprimir, material que más margen de error o tolerancia permite, buen flujo en cabezal extrusor. Es el material más usado en impresiones 3D en general. Se imprime a bajas temp (170°) por lo que no soporta grandes temperaturas

No tiende a deformarse (no sufre warping contracción y deformación de esquinas en objetos grandes, por las elevadas temperaturas). Contracción muy baja

Dependiendo de la impresora, buena impresión a velocidades de 30 a 90 mm/seg

Muy buen acabado, se puede tratar post impresión, pero el tratamiento es más complejo.

Temperatura de impresión más baja que la mayoría de los materiales. No emite gases nocivos (por baja temp)– ni tiene mal olor. No resiste altas temperaturas (se descompone 50-60°).

RESINAS FOTOPOLIMERIZABLES LIQUIDAS: Se han desarrollado numerosas resinas para poder ser utilizadas con sistemas de SLA, DLP o impresión en cartuchos. Son fotopolímeros que solidifican al contacto con la luz, cambiando sus propiedades físicas.

Presentan una gran reproducción de detalles, superficies lisas y pulidas, se logran obtener geometrías complejas y sin defectos. Presenta muchas variaciones con distintas características. Sus versiones biocompatibles son unas de las mejores opciones en

odontología por la gran reproducción de detalles, propiedades mecánicas y terminación final. Este material será explicado más adelante en los materiales de uso odontológico.

CERAS: para la impresión mediante inyección por cartuchos, material moldeable y prensable.

PMMA: Tecnología FDM, viene en filamentos. Es un material resistente que soporta altas temperaturas, su aspecto es translúcido casi transparente.

PET - PETG (tereftalato de polietileno – PET modificado con glicol) El plástico más usado en el mundo. Son fibras para imprimir con la técnica FDM

PVA (Alcohol polivinílico): Es un material soluble en agua con una gran estabilidad térmica

PC: Policarbonato termoplástico, obtención por FDM, resistente y durable, ideal para objetos o herramientas personalizadas. No es lo más adecuado para uso odontológico

NYLON6-12: Material con las mejores propiedades mecánicas de resistencia y durabilidad. Se obtiene mediante FDM. Usos en prototipos, protecciones u objetos finales, resistentes a condiciones extremas, piezas con exigentes requisitos funcionales.

ASA: Material termoplástico, tecnología FDM, resistente a rayos UV. Excelente opción para prototipos duraderos o productos finales de uso itinerante. Propiedades de resistencia y durabilidad muy elevadas. Disponibilidad de colores.

METAL Distintas aleaciones formadas con el sistema SLS o DMP aplicables para una gran cantidad de fines.

CERAMICA Se puede obtener mediante el sistema SLS, como impresión en sí hoy en día está en desarrollo.

3.3 Materiales usados en odontología

Si bien existen muchos materiales de impresión, en la práctica clínica odontológica se utilizan básicamente dos: metal y resina. Pocas compañías ofrecen impresoras de metal mediante el proceso de SLS o DMP que corresponde a una sinterización laser de

aleaciones de metal en polvo que pueden ser utilizadas para la confección de estructuras metálicas para prótesis fija y removible. Su uso está limitado a la producción a gran escala en laboratorios o compañías ya que se requieren impresoras de gran tamaño y valor. El producto terminado requiere muy poco tratamiento posterior. En el mercado existen aleaciones de cromo cobalto libre de níquel, titanio, acero inoxidable y aleaciones de aluminio entre otros.

Aunque el material más usado en odontología es la resina fotopolimerizable en estado líquido, que solidifica al contacto con la luz, para poder ser usada con técnicas SLA, DLP o Impresión con cartuchos por luz. Debido a su gran versatilidad de usos tanto a nivel personal como industrial, biocompatibilidad, buenas propiedades mecánicas y estéticas, gran reproducción de detalles, impresión de geometrías complejas, excelente acabado, superficie lisa y pulida y un tiempo de obtención de los modelos relativamente corto.

Aunque la resina es el material más utilizado, dependiendo del tipo de impresora y la tecnología que cada compañía va desarrollando, existen muchas características distintas o asociaciones con otros materiales que las distintas marcas ofrecen, lo que se traduce en distintos usos, mejores o peores propiedades para distintos objetos a imprimir.

Existen resinas para modelos, cubetas personalizadas, guías quirúrgicas, registros de mordida y planos, resinas listas para ser usadas en boca (biocompatibles) como para coronas provisionales, resinas para ser fundidas y crear objetos, colados o inyectados (metal o cerámica), resinas blandas y flexibles (para impresión de encía, por ejemplo).

Las presentaciones de estas resinas pueden ser en botellas y cartuchos dependiendo de la impresora usada. Hay resinas universales que pueden ser usadas con distintas marcas de impresoras que las acepten y hay resinas de uso exclusivo de ciertas marcas de impresoras.

Los valores de reposición de estas resinas pueden ir desde los \$100 a 600 USD dependiendo de la marca y presentación.

Al ser esta la opción más viable desde el punto de vista odontológico es importante entonces el conocer los distintos tipos de resina y la versatilidad de estas encontrándose esta opción en la mayoría de las marcas distribuidoras de impresoras.

A continuación, se detallan varios tipos de resinas, siendo las más usadas en el mercado, compatibles con algunas de las marcas de impresoras más usadas, lo que nos permitirá comprender el gran abanico de opciones de tipos de resinas que existen y finalmente poder tomar una mejor decisión para la elección de una impresora.

Resinas NextDent, para ser utilizadas con sistemas SLA y DLP

- NextDent Denture 3+: es un material biocompatible Clase IIa adecuado para imprimir todo tipo de bases dentales removibles. Este material tiene una contracción significativamente menor en comparación con los materiales de base de prótesis de PMMA estándar. La contracción se puede compensar mediante el uso del software.

Este material tiene excelentes propiedades mecánicas y es comparable a los materiales base dentales convencionales.

- NextDent SG: es un material de Clase I biocompatible, desarrollado para la impresión de Guías Quirúrgicas para uso en cirugía de implantes. Debido a la alta precisión de este material, es fácil insertar guías de perforación, directamente después de la impresión. Permitiendo incluso una mayor precisión durante la cirugía. Las propiedades de NextDent SG no cambiarán con el uso de desinfectantes.

Además, el material también se puede esterilizar usando protocolos estándar de autoclave sin alterar su estabilidad dimensional.

- NextDent Try-In: es un material de Clase I biocompatible adecuado para imprimir dispositivos Try-In, una placa de base combinada con la configuración de diente diseñada individualmente, para verificar el registro y la oclusión de la mordida.

- NextDent C & B Micro Filled Hybrid: es un material biocompatible Clase IIa desarrollado para coronas y puentes. El equilibrio entre los rellenos inorgánicos y la resina le dan al material su alta resistencia a la manipulación y resistencia al desgaste.

El material es fácil de acabar y pulir, y se puede teñir con todo tipo de kits de tinción de composite. Debido al equilibrio perfecto entre opacidad y translucidez, la corona impresa se integra perfectamente entre los dientes existentes.

- NextDent Ortho Clear: es un material biocompatible Clase IIa para todo tipo de férulas y retenedores. Es un material de impresión en 3D claro y, por lo tanto, estéticamente agradable, que se caracteriza por su alta resistencia y tenacidad a las fracturas.

- NextDent Indirect Bonding Tray: es un material de Clase I biocompatible para aplicaciones de ortodoncia. Haciendo uso del software dental correcto, puede planificar la ubicación exacta de los brackets de ortodoncia y diseñar la Bandeja de unión indirecta.

Debido a las características flexibles de las bandejas de unión indirecta impresas, el ortodoncista puede colocar fácilmente todos los brackets a la vez, ahorrando tiempo clínico.

- NextDent Ortho Rigid: es un material biocompatible Clase IIa desarrollado para la fabricación digital de férulas. En combinación con un software adecuado, es posible diseñar e imprimir férulas fácilmente.

- NextDent Model 2.0: se caracteriza por su alto grado de precisión, lo que hace que este material sea adecuado para modelos maestros de ortodoncia y rehabilitación detallados en los que se necesita alta precisión. Los modelos muestran detalles altamente visuales debido al color y la opacidad y tienen una superficie ideal para impresiones de escaneo.

- NextDent Model Ortho: es un material adecuado para los modelos de impresión específicamente utilizados en aplicaciones de "moldeado al vacío". Este material es más rápido y fácil de imprimir en comparación con otros materiales de modelo. Este material se puede imprimir más rápido en comparación con el Modelo 2.0.

- NextDent Tray: es un material de clase I biocompatible diseñado para imprimir cubetas de impresión individuales. El material se distingue por su alta velocidad de impresión y precisión.
- NextDent Gingiva Mask: es un material flexible que se puede usar en combinación con el material utilizado en el modelo. Esto permite imprimir partes del modelo que necesitan cierta flexibilidad, como máscaras Gingivales en modelos de implantes.
- NextDent Cast: es un material de impresión 3D fácil de quemar, sin residuos y adecuado para todo tipo de propósitos, diseñando e imprimiendo usando material moldeable y el material de investimento indicado se puede fundir piezas en el metal que se necesite.

Resinas sistema polyjet (cartuchos de impresión 3d) STRATASYS

- Biocompatible clear, MED 610 es un fotopolímero PolyJet biocompatible, transparente y permite un uso temporal en boca. Sus usos comprenden cubetas, guías quirúrgicas y aplicaciones temporales en ortodoncia.
- Veroglaze MED 620 es un fotopolímero PolyJet biocompatible, opaco, de tonalidad A2 y permite un uso en boca sobre las 24 hrs. Sus usos comprenden, mock ups y try-ins de carillas.
- Verodent MED 670 y 690 siguen la línea de ser un fotopolímero líquido que endurecen con luz UV contenido en cartuchos, pero no son biocompatibles. Son coloreados, de gran calidad de detalle, resistencia y durabilidad. Están diseñados para confeccionar modelos anatómicos. 690 con mejores propiedades mecánicas que 670.

Resinas 3D Systems

- VisiJet M2R-TN (MJP) Polímero rígido para la producción de modelos con gran reproducción de detalles y tono beige para la visualización de estos.

- VisiJet M3 Stoneplast (MJP): Resina rígida translúcida clase VI USP, lo que permite aplicaciones médicas con bioseguridad comprobada. Usada para guías quirúrgicas y modelos anatómicos, modelos y estructuras de ortodoncia, entre otros.

VisiJet M3 Pearlstone (MJP): También es una resina rígida, pero de un aspecto similar al yeso, ideada para la confección de modelos de trabajo para prótesis fijas y removibles parciales, ortodoncia e implantes. Gran acabado y reproducción de detalles.

- VisiJet M3 Dentcast (MJP): Este material es una cera, que va desde estados de sólido blando a pasta. Se imprime en una alta calidad, la superficie es suave y uniforme. Está formulado para la creación de modelados de cera que posteriormente se calcinará para la formación de muchos elementos, como carillas, coronas, incrustaciones y bases protésicas. Es de color verde para su fácil identificación.

- VisiJet FTX Cast y VisiJet FTX Green (micro SLA): Se obtienen mediante estereolitografía, son polímeros foto curables por luz UV con cera. Son resistentes, moldeables y prensables. Están diseñados muy específicamente para crear una estructura para posteriormente realizar un vaciado de metales delicados a pequeña escala. Sus patrones de impresión son extremadamente suaves y detallados y al fundirse no forman cenizas ya que su fundición es muy limpia con procesos estándar.

VisiJet SL e-Stone y Accura e-Stone (SLA): Son Polímeros que se obtienen mediante estereolitografía, precisos y resistentes con una apariencia similar al yeso, permiten que

sean troquelados, fresados, perforados, estampados y encerados, por ejemplo. VisiJet está diseñado para estructuras confeccionadas a baja escala en impresoras pequeñas, más indicado para una consulta odontológica y Accura para impresiones en gran escala en impresoras de mayor tamaño, siendo más indicado para un laboratorio dental.

Resinas Formlabs

- Dental model resin (SLA): Es una resina de alta exactitud y precisión que se imprime nítidamente detalles cercanos a las 35 micras. Está diseñada para la formación de modelos de trabajo para prótesis fijas y cuenta con un sistema de matrices o troqueles extraíbles con un ajuste firme.

Su acabado de superficie es liso, suave de un color similar al yeso y un acabado mate para la visualización de detalles.

- Dental SG Resin (SLA): Es una resina clase I autoclavable biocompatible, de acuerdo con normas ISO 10993 y USP clase VI es biológicamente segura. Está diseñada para la confección de guías quirúrgicas. Su exactitud dimensional es alta, dentro de las 100 micras. Alta resistencia y estabilidad.

Es muy relevante el bajo costo de producción de una guía mediante este sistema, aproximadamente U\$5.13. Con un tanque de resina (U\$59) se pueden producir alrededor de 80 guías.

- Dental LT clear resin (SLA) Es una resina clase IIa biocompatible y de muy alta resistencia a la fractura y al desgaste. Es un material translúcido de gran pulido. Esta resina está diseñada para la confección de férulas rígidas, retenedores y otros aparatos de ortodoncia. Precisión cercana a las 100 micras.

- Resina estándar gris (SLA): Es una resina de un suave acabado gris mate, ideal para la confección de modelos de estudio, diagnóstico y educacionales.

3.4 Archivos que pueden ser usados y compatibilidad

Los archivos digitales en donde se diseña el objeto a imprimir deben ser confiables y tan buenos como el resultado final, en general los formatos son muy precisos. Casi todas las impresoras 3D de uso odontológico son sistemas de arquitectura abierta capaces de trabajar con formatos STL, algunas pueden trabajar con otros formatos abiertos, PLY o un rango de otros formatos de modelos CAD 3D.

Estos archivos son diseñados por un software CAD e impresos mediante una aplicación CAM. Si bien existe un alto grado de personalización previa del objeto a imprimir, la mayoría de las aplicaciones CAD CAM automatizan los procesos para que sea muy fácil el proceso de envío de datos e impresión.

Existe también una compatibilidad del material a utilizar. En todas las impresoras para uso odontológico se utiliza como material resina (polímero) líquida de fotopolimerización, pero no todas las impresoras ofrecen compatibilidad de resinas para la producción de un objeto, ya sea por un factor económico, por las distintas presentaciones en las que puede venir la resina y la compatibilidad con el sistema o por la técnica utilizada por la impresora, lo que permite el uso de un tipo u otro de resina.

3.5 Volumen de impresión

Esta característica de las impresoras difiere mucho entre una y otra, corresponde a la cantidad de material que se puede imprimir en una sola ejecución.

Al momento de elegir una impresora 3D es importante conocer y asegurarse que la capacidad de la impresora sea del tamaño adecuado para las tareas planificadas, ya que algunos sistemas están diseñados para ser utilizados en clínica para producir

rápidamente alguna estructura y otros en laboratorio para producción masiva de modelos u otras estructuras, pero imprimiendo una gran cantidad por cada ejecución.

Por lo general es proporcional al tamaño de la impresora, pero hay que fijarse en esta propiedad, ya que algunas impresoras clínicas de escritorio poseen plataformas de impresión de distintos tamaños, lo que se traduce en un mayor o menor volumen de impresión.

3.6 Velocidad

La velocidad de impresión es un factor muy importante para poder determinar el uso final que se le dará a la impresora ya sea en clínica o en un laboratorio y así poder evaluar su eficiencia. Depende principalmente de las propiedades de la impresora, pero también del material a utilizar y del grado de complejidad de los objetos a imprimir.

Por eso es fundamental determinar el uso que se le dará a la impresora y entonces tomar la decisión que más acomode a quien la obtenga.

En impresoras de escritorio una mayor velocidad de impresión va en relación con una menor calidad de reproducción de detalles, aunque existen impresoras que cuentan con distintos programas de impresión, variando la calidad y velocidad. En impresoras industriales, esto puede ser compensado.

3.7 Tamaño

El tamaño de la impresora es importante para poder determinar su uso y la ubicación final. Depende del volumen de producción que se desea obtener, impresoras de producción masiva tienen un tamaño mucho mayor (hasta 120 x 150 x 195 cm), en cambio hay un tipo de impresoras que podemos denominar como “de escritorio” que tienen un tamaño mucho menor (desde 26 x 38 x 37 cm), pero su volumen de producción es menor, pudiendo producir si se desea objetos unitarios o pocos objetos pequeños a la vez.

3.8 Tratamiento post impresión

La mayoría de las impresoras de menor tamaño (escritorio) sólo imprimen en resina, debiendo posteriormente a la creación de la estructura, terminar de fotopolimerizarla en una cámara adecuada y realizando un lavado y pulido final con instrumental adecuado que viene con cada impresora.

Las impresoras de mayor tamaño, algunas de tipo “*chairside*” o de producción masiva, ya cuentan con un sistema de post polimerización, lavado y algunas pulido, obteniendo una impresión completamente terminada.

La post fotopolimerización o post curado permite al material contar con las propiedades adecuadas que indica el fabricante, como propiedades mecánicas, completar de polimerizar y eliminar monómeros libres, muchas veces tóxicos.

La cámara de polimerización consiste básicamente en una caja de luz UV, adecuada para el post -curado de materiales de impresión 3D, equipada con varios focos o ampollas de luz UV colocadas estratégicamente dentro de la caja asegurando que el producto se ilumine desde todos los lados, lo que da como resultado un ciclo de curado rápido y uniforme. Varían en tamaños, inclusive pudiendo poner articuladores dentro.






El lavado final es algo muy simple y el retiro de estructuras de soporte se realiza con instrumental incluido con cada impresora (espátulas, por ejemplo).

4.- CUADRO COMPARATIVO DE IMPRESORAS

A continuación se detalla un cuadro comparativo de todas las impresoras existentes en el mercado que tienen o pueden tener un uso clínico odontológico enfocándose mayormente a las impresoras que puedan ser más fácilmente adquiridas por el clínico, que se adapten y satisfagan sus necesidades, estas son las impresoras llamadas “de escritorio” o algunas que puedan ser de un mayor tamaño, pudiendo ser ubicadas dentro de la consulta odontológica y puedan ser utilizadas para realizar, mejorar u optimizar procedimientos tradicionales teniendo en cuenta todas las características y ventajas de las impresoras 3D. También se detallan algunas impresoras de mayor escala o industriales para ser utilizadas en laboratorios dentales. El fin de incluirlas en este cuadro es el de comparar tamaños, costos y volúmenes de producción para hacerse una idea de lo que significa la impresión 3d a gran escala.

Se excluyen de este análisis todas las impresoras que puedan imprimir elementos auxiliares a la odontología, tales como modelos educativos, instrumental o aparatos para customizar instrumental o mobiliario (mangos, extensiones, soportes, etc.) ya que existen cientos de impresoras que podrían realizar este tipo de productos, pero se alejan un poco al objetivo de este análisis que es el uso clínico de las impresoras 3D. Aunque este punto no deja de ser importante para poder optimizar la práctica diaria y en este punto la imaginación es el límite.

TABLA 1.1 Comparación entre Form2, Planmeca Creo, Moonray S, Moonray D, Evodent DLP 3D






					
Impresora	Form 2	Planmeca Creo	MoonRay S	MoonRay D	Evodent DLP 3D
Compañía	Formlabs	Planmeca	SprintRay	SprintRay	Evodent 3D
Descripción	Origen USA. Impresora de escritorio SLA, asequible para una consulta odontológica. Muy buena calidad de impresión y versatilidad de usos. Precio muy asequible. Una de las impresoras más usadas en el área.	Origen Finlandia. Diseñada para la fabricación de modelos y guías quirúrgicas. Ofrece precisión y eficiencia, pudiendo imprimir 6 modelos o 25 guías a la vez, tardando la impresión de un modelo 2 hrs y una guía 45 min. Puede ser utilizada en clínica o en laboratorio.	Origen USA. Impresora de escritorio. Entrega dimensiones mínimas de impresión de 100 micrones en combinación a una generosa área de impresión, considerando su pequeño tamaño. Ideal para crear grandes superficies, manteniendo buenas propiedades de impresión. Tales como modelos y guías.	Origen USA. Impresora de escritorio. Permite impresión de elementos más pequeños (desde 75 micrones). Ideal para aplicaciones que demanden un gran detalle y precisión.	Origen China. Impresora muy versátil. La mayor ventaja es que ofrece una plataforma abierta a cualquier material compatible. Impresiones rápidas. Considerando que tiene dimensiones mayores a una impresora de escritorio, se considera una de éstas.
Dimensiones	35 x 33 x 52 cm	42 x 72 x 32 cm	38 x 38 x 50 cm	38 x 38 x 50 cm	45,2 x 45,2 x 84 cm
Peso	13 kg	30 kg	13 kg	13 kg	62 kg
Precio	\$ 4020 USD	NO INFORMA	\$ 4000 USD	\$ 4000 USD	No informa
Tipo de impresión	SLA	DLP (UV LED)	DLP (UV LED)	DLP (UV LED)	DLP (UV LED)
Material	Catridges de resina que llenan el contenedor y recuperan las sobras.	Resina líquida “Planmeca”	Resina líquida “MoonRay” 9 tipos de resinas según uso con valores de	Resina líquida “MoonRay” 9 tipos de resinas según uso con valores	Abierto a cualquier resina calificada.

	Recarga con botellas de resina (\$149 a \$199 UDS c/u)		\$149 - \$299 UDS por litro	de \$149 - \$299 UDS por litro	
Archivo y compatibilidad	STL Abierto a archivos 3D CAD Software y hardware cerrado. Impresión abierta para otras resinas	STL Software propio Permite diferentes softwares	STL y OBJ Software cerrado (RayWare)	STL y OBJ Software cerrado (RayWare)	Software cerrado. Magic prints DLP. Abierto para todos los formatos de imagen STL Impresión abierta para otras resinas
Otros	Conexión USB, Wifi, Ethernet. 1 año de garantía extensible. Servicio técnico y capacitación		Conexión Wifi, Ethernet 1 año de garantía extensible. Servicio técnico y capacitación	Conexión Wifi, Ethernet 1 año de garantía extensible. Servicio técnico y capacitación	Conexión USB, Wifi, Ethernet. 1 año de garantía. Servicio técnico y capacitación
Velocidad o tiempo de impresión	Indica sólo tiempo de impresión: de 50 min a 7 hrs dependiendo del producto.	Indica: Modelos: 2hr Guías: 45 min	25 mm/hr. 100 um 13 mm/hr. 50 um 3.8 mm/hr. 20 um	25 mm/hr. 100 um 13 mm/hr. 50 um 3.8 mm/hr. 20 um	40 mm/hr
Exactitud de impresión	0.025 mm	0,068 mm	0.1 mm	0.075	0.050 mm
Volumen de impresión	145 x 145 x 175 mm	130 x 81,5 x 130 mm	130 x 81 x 200 mm	96 x 60 x 200 mm	111 x 62 x 85 mm
Espesor de capas	25 - 50 - 100 micrones	5 – 200 micrones	20 – 50 – 100 micrones	20 – 50 – 100 micrones	50 – 100 micrones
Usos odontológicos	Modelos - guías quirúrgicas - planos – retenedores. Actualmente finalizando desarrollo de impresión de	Modelos y guías.	Modelos convencionales y de ortodoncia – guías quirúrgicas – planos o guardas nocturnas – coronas y	Coronas y puentes temporales – copings –	Modelos – Guías quirúrgicas – Cubetas – impresiones de encía flexible – cubetas cementación indirecta ortodoncia – planos - coronas y

	prótesis de resina terminadas. (disponible dentro del 2018)		puentes temporales.		puentes temporales – bases protésicas.
Comentarios positivos	<p>Excelente calidad Buena selección de materiales (incluidos triples) Software simple Adaptable a muchos usuarios. Cuenta con muchas guías de uso y ayuda. Económica y de fácil uso.</p> <p>Excelente servicio de venta y post venta. Cuenta con vendedores en Chile y Latam</p>	Ofrece impresión de 6 modelos o 25 guías a la vez	<p>Ofrece tanques de resina de mayor durabilidad (50 litros de uso sin cambiarlos)</p> <p>Ofrece lentes proyectores de luz muy precisos</p>	<p>Ofrece tanques de resina de mayor durabilidad (50 litros de uso sin cambiarlos)</p> <p>Ofrece lentes proyectores de luz muy precisos</p>	<p>Más de 10 indicaciones. Más de 40 materiales utilizables. Versatilidad de usos en modelos, periodoncia, ortodoncia, prótesis fija y removible.</p> <p>Menos del 5% de pérdida de material</p> <p>Relativa rapidez de impresión.</p>
Comentarios negativos	<p>Uso limitado a impresión de objetos de mayor tamaño como modelos, guías, planos. Tiene limitantes con respecto al tamaño o espesores mínimos de impresión. Recomienda mínimo tamaño de orificios de 0,5 mm o</p>	<p>Difícil de encontrar, y de obtener servicio de venta de la impresora.</p> <p>Productos limitados.</p>	Productos limitados.	Productos limitados.	<p>Mal servicio de venta.</p> <p>La base de creación es un poco pequeña, lo que hace un poco más difícil su uso técnico.</p>

paredes de 0.4 a 0.6 mm. Muchas impresoras tienen estas limitantes, pero no las informan adecuadamente.

TABLA 1.2 Comparación entre Object Eden 260 VS Dental selection, Object Eden 260VS Dental Advantage, J700 Dental, Object 30 Orthodesk, Object Dental Prime

					
Impresora	Object Eden 260VS Dental selection	Object Eden 260VS Dental advantage	J700 Dental	Object 30 Orthodesk	Object 30 Dental Prime
Compañía	Stratasys	Stratasys	Stratasys	Stratasys	Stratasys
Descripción	Origen USA Una de las compañías con mejor desarrollo de impresoras 3d. Impresora de tecnología TRIPLE polyjet mediante cartuchos que permite la impresión de 3 materiales distintos al mismo tiempo. Ideal para el uso en laboratorio. Produce un gran volumen de impresión. Principalmente modelos y guías con una gran	Origen USA Una de las compañías con mejor desarrollo de impresoras 3d. Impresora de tecnología polyjet mediante cartuchos Ideal para el uso en laboratorio. Produce un gran volumen de impresión. Principalmente modelos y guías con una gran reproducción de detalles.	Origen USA. Gran impresora de laboratorio. Ofrece impresiones sólo de férulas transparentes de 50 a 60 arcadas por bandeja y hasta 400 arcadas por día. Permite cargar hasta 6 materiales a la vez.	Origen USA Una de las compañías con mejor desarrollo de impresoras 3d. Impresora más compacta, de escritorio que permite usos versátiles de pequeño a mediano tamaño para laboratorios y clínicas. Objetos con una excelente reproducción de detalles y acabado final.	Origen USA Impresora de escritorio con capacidad extendida. Ofrece la posibilidad de elegir entre alta velocidad y resolución fina. Permite 3 modos de impresión: - Borrador: que nos entrega la impresión más rápida. - Alta velocidad: para impresión estándar con resolución fina. - Alta calidad: impresión con resolución ultrafina de 16 micrones.

	reproducción de detalles. Permite el uso de distintos materiales, incluyendo resinas rígidas y flexibles.				
Dimensiones	87 x 73.5 x 120 cm	87 x 73.5 x 120 cm	140 x 126 x 110 cm	83 x 62 x 59 cm	83 x 62 x 59 cm
			Contenedor de material: 67 x 117 x 64 cm		
Peso	264 kg	254 kg	430 kg 152 kg contenedor de material	93 kg	106 kg
Precio	\$ 105,000 USD	\$ 69,000 USD Valor incluye instalación, capacitación, aditamentos y 4 litros de resina.	\$ 250,000 USD	\$ 35,000 USD	\$ 27,890 USD Valor incluye instalación, capacitación, aditamentos y 4 litros de resina.
Tipo de impresión	TRIPLE POLYJET (MJP)	POLYJET (MJP)	POLYJET (MJP)	POLYJET (MJP)	POLYJET (MJP)
Material	Resinas de la marca rígidos y flexibles, por ejemplo: Verodent, Verodent plus, Veroglaze, Clear biocompatible. Permite impresión de objetos contrastantes en textura y colores.	Resinas de la marca Verodent, Verodent plus, Veroglaze, Clear biocompatible.	Resina de la marca Verodent MED670	Resinas de la marca: Verodent plus, clear biocompatible, veroglaze (tono A2) Cuatro cartuchos sellados de 1 kg	Resinas de la marca: Verodent plus, clear biocompatible, veroglaze (tono A2) Cuatro cartuchos sellados de 1 kg
Archivo y compatibilidad	Soporte abierto a escáneres intraorales	Soporte abierto a escáneres intraorales	Soporte de imagen abierto.	Soporte abierto a escáneres intraorales	Soporte abierto a escáneres intraorales

	Software Object studio incluido de tipo CAD/CAM	Software Object studio incluido de tipo CAD/CAM	Software GrabCAD	Software Object studio incluido de tipo CAD/CAM	Software Object studio incluido de tipo CAD/CAM
Otros	Conectividad LAN TCP/IP	Conectividad LAN TCP/IP	Conectividad LAN TCP/IP	Conectividad LAN TCP/IP	Conectividad LAN TCP/IP
	Garantía 1 año	Garantía 1 año	Garantía 1 año	Garantía 1 año	Garantía 1 año
Velocidad o tiempo de impresión	24-32 modelos en 5 a 10 hrs dependiendo de la calidad elegida.	24-32 modelos en 5 a 10 hrs dependiendo de la calidad elegida.	400 férulas al día	12 a 16 guías o modelos cada 10 a 12 hrs. 4 guías o modelos en 6 a 7 hrs en modo rápido	La velocidad a 16 micrones agrega siempre 2 hrs más - 22-28 cuadrantes de provisorios cada 18 hrs - 12 a 16 guías o modelos cada 10 a 12 hrs. - 4 guías o modelos en 6 a 7 hrs en modo rápido - 1 patrón de prótesis removible cada 30 min.
Exactitud de impresión	0.016 mm	0.016 mm	0.1 mm	0.1 mm	0.1 mm
Volumen de impresión	255 x 255 x 200 mm	255 x 255 x 200 mm	490 x 390 mm	300 x 200 x 100 mm	300 x 200 x 100 mm
Espesor de capas	16 micrones	16 micrones	55 micrones	28 micrones	28 a 16 micrones
Usos odontológicos	Modelos dentales, de ortodoncia y de implantes, guías quirúrgicas, aplicaciones ortodónticas, cubetas personalizadas. Coronas y puentes provisorios. Máscaras de encía.	Modelos dentales, guías quirúrgicas, aplicaciones ortodónticas, cubetas personalizadas . Coronas y puentes provisorios.	Férulas (alineadores) transparentes	Material Veroglaze A2 permite realizar mock ups de carillas. Modelos dentales, Modelos para veneres, Modelos para implantes y ortodoncia, guías	Modelos parciales, Puentes y coronas provisorias 16 micras. Material Veroglaze A2 permite realizar mock ups de carillas. Modelos dentales, Modelos para

	Estructuras calcinables de prótesis removible, Mock ups de carillas.			quirúrgicas, aplicaciones ortodónticas, cubetas personalizadas, encerados diagnósticos.	veneres, Modelos para implantes y ortodoncia, guías quirúrgicas, aplicaciones ortodónticas, cubetas personalizadas, encerados diagnósticos.
Comentarios positivos	<p>Mayor versatilidad de productos. Entrega un producto terminado, no requiere polimerización adicional.</p> <p>Permite 72 hrs de trabajo continuo. Impresión de alta resolución en todos los ejes, superficies lisas y pulidas</p> <p>Triple impresión de 3 materiales al mismo tiempo.</p> <p>Material de soporte eliminable con chorro de agua.</p> <p>Excelente servicio de venta, disponible en LATAM sede en Chile.</p>	<p>Entrega un producto terminado, no requiere polimerización adicional.</p> <p>Versatilidad de materiales.</p> <p>Permite 72 hrs de trabajo continuo. Impresión de alta resolución en todos los ejes, superficies lisas y pulidas</p> <p>Material de soporte eliminable con chorro de agua.</p> <p>Excelente servicio de venta, disponible en LATAM sede en Chile.</p>	<p>Producción de grandes volúmenes y facilidad de uso. Trabajo ininterrumpido 24x7</p> <p>Contenedores de resina sellados, previniendo contaminación.</p> <p>Costo de cada férula menos que el sistema SLA</p> <p>Producto terminado, no requiere polimerización adicional.</p> <p>Excelente servicio de venta, disponible en LATAM sede en Chile.</p>	<p>Todas las ventajas de una impresora 3d sobre el sistema tradicional</p> <p>Entrega un producto terminado, no requiere polimerización adicional.</p> <p>Versatilidad de materiales.</p> <p>Permite 72 hrs de trabajo continuo. Impresión de alta resolución en todos los ejes, superficies lisas y pulidas</p> <p>Material de soporte eliminable con chorro de agua.</p> <p>Excelente servicio de venta, disponible en LATAM sede en Chile.</p>	<p>Las mismas ventajas que Orthodesk, con la diferencia que puede imprimir en espesores de capa de 16 micrones también.</p> <p>Una de las impresoras de escritorio más versátiles que existe</p> <p>Excelente servicio de venta, disponible en LATAM sede en Chile.</p>

Comentarios negativos	Sistema cerrado a la marca, software y materiales. Uno de los precios más elevados de todos.	Sistema cerrado a la marca, software y materiales. Precio elevado	Sólo produce un tipo de producto: Férulas. Aplicable a ortodoncia. Elevado precio inicial.	Sistema cerrado a la marca, software y materiales. Precio elevado	Sistema cerrado a la marca, software y materiales. Precio elevado
-----------------------	---	--	--	--	--

TABLA 1.3. Comparación entre DentaForm, Velox, NextDent 5100, Cara Print 4.0, Hunter






					
Impresora	DentaForm	Velox	NextDent 5100	Cara Print 4.0	Hunter
Compañía	Structo	Structo	3D System corporation	Kulzer	FlashForge
Descripción	Origen Singapur. Está diseñada para la producción rápida de modelos y matrices. Es capaz de producir 30 modelos en 90 minutos. Ofrece mayor rapidez de producción a través de su tecnología patentada MSLA.	Origen Singapur. Aún en desarrollo, estará en venta a fines del 2018. Impresora 3D de escritorio versátil y autónoma, permite pasar del diseño digital al objeto impreso solo presionar un botón. Presenta tres etapas de producción en un carrusel giratorio para pasar de la impresión, al	Origen USA. Una de las compañías de mayor prestigio en la impresión 3D, ya que su fundador Chuck Hull creó la estereolitografía en 1986. Impresora de mayor tamaño que una de escritorio, pudiendo ser usada en la consulta odontológica, rápida y precisa, con 30 tipos de materiales	Origen Alemania. Ofrece una impresora de escritorio rápida a un precio más competitivo que otras impresoras de esta clase. Ofrece una gran velocidad de impresión, la mayoría de los resultados son menores a 1 hr. Requiere una unidad de post polimerización	Impresora de origen China. Hunter es una impresora DLP capaz de imprimir capas de 12.5um. Es compatible con una gama de materiales abiertos para impresoras 3D dentales ampliando sus aplicaciones. La bandeja de material es compatible con una variedad de tipos de resina estándar y el diseño facilita la impresión y el reemplazo de resina rápidamente.

		lavado de la pieza impresa y al curado final de la pieza sin la necesidad de interacción del usuario.	de impresión disponible, todos biocompatibles y con certificación FDA. Ofrece una excelente reproducción de detalles, gran velocidad y bajo precio.		
Dimensiones	48 x 47 x 80 cm	37 x 40 x 58 cm	70 x 68 x 135 cm	27 x 42 x 59 cm	56 x 36 x 32 cm
Peso	No indica	No indica	35 kg 54kg con pedestal	21 kg	18 kg
Precio	\$29,000 USD	Sale a la venta a fines del 2018	Disponible a partir del verano 2018. Estará disponible bajo los \$ 10,000 USD	Impresora \$15,600 USD Unidad post polimerización \$3,500 USD	\$ 3500 USD
Tipo de impresión	MSLA (sla de máscara de cristal líquido)	MSLA (sla de máscara de cristal líquido)	DLP con Tecnología "Figure 4"	DLP (led 405 nm)	DLP (led 405nm)
Material	Resinas Structo Structomer DentaPro y OrthoPro Cerrado a materiales de la marca.	Resinas structo, un catridge de resina de un solo uso.	Capacidad de soportar 30 Materiales NextDent disponibles. La presentación de la resina es en envases de 1 litro.	Materiales de impresión "dima" que corresponden a resinas de la marca.	Resina estándar Resina moldeable Resina biocompatible Resina dura Valor de resina líquida (1 litro) entre \$129 a \$299 USD Compatible con resinas líquidas de terceros: Madesolid / Ackuretta / Unishape
Archivo y compatibilidad	STL Compatible con otros softwares.	STL Compatible con otros softwares	Compatible con todos los scanner intraorales y softwares	STL abierto Compatibilidad de software con todos los	STL Software Flashprint

			Compatible con los principales softwares CAD CAM.	programas usando STL	
Otros	Gran plataforma de impresión	-	En desarrollo final	Conectividad Wifi / USB / Ethernet	Conectividad USB / Wifi
Velocidad o tiempo de impresión	Indica más de 10 modelos en 30 min y 30 modelos en 90 min	NO INDICA	65 a 100 mm/hr	Promedio 50 mm/hr. Velocidad mínima y máxima 15 – 120 mm /hr	mm/hr
Exactitud de impresión	0.050 mm	0.050 mm	En desarrollo final	0.053 mm	0.050 mm
Volumen de impresión	200 x 150 x 100 mm	75 x 45 x 75 mm	En desarrollo final	103 x 58 x 130 mm	120 x 67.5 x 150 mm
Espesor de capas	50 micrones	25 a 100 micrones	En desarrollo final	30 a 100 micrones	12.5 - 25 – 50 micrones
Usos odontológicos	Modelos y matrices dentales	Modelos, guías quirúrgicas, Cubetas individuales, bases protésicas, coronas y restauraciones provisorias.	Bases protésicas, Modelos, Estructuras para colar, Modelos de ortodoncia, cubetas individuales, guías quirúrgicas, Planos, Coronas y puentes provisorios.	Planos, Cubetas individuales, guías quirúrgicas, Modelos y estructuras para colar.	Modelos, Cubetas, coronas y puentes provisorios, aplicaciones ortodónticas.
Comentarios positivos	Ideal para trabajo en laboratorio, la producción a gran escala de modelos anatómicos, de trabajo u ortodoncia.	A diferencia de la anterior, esta está diseñada para trabajo en clínica. Requiere poco tratamiento post	Permite el uso de 30 materiales distintos y gran variedad de colores. Muy rápida, promete ser	Ideal para trabajo en la consulta odontológica. Muy buena velocidad de impresión 12 a 100 mm/hr dependiendo de la calidad	Motor de luz de resolución 1080p y de 50.000 hrs de vida útil. Bandeja de depósito de material de aluminio no requiere

	Compatible con otros softwares	impresión, ya que cuenta con una plataforma giratoria que termina de lavar y polimerizar el producto en la misma impresora tras ser impreso. Compatible con otros softwares	la más rápida en su clase. Bajo precio La tecnología “figure 4” es una polimerización por luz de la resina DLP, lavado y curado final del producto. Entregando un producto terminado. Promete ser una de las mejores opciones para el uso odontológico	de la impresión. Muy versátil en relación con la producción Precio relativamente bajo	mantención y es de bajo costo de remplazo. No requiere calibración
Comentarios negativos	Cerrado a un material de impresión Costo elevado	Aun no se lanza al mercado Cerrado a un material de impresión Cartucho de resina de un solo uso. Se desperdicia material.	Aun no se lanza al mercado, algunas características están en etapa final de prueba.	Requiere de una unidad de post polimerización . Sistema de materiales cerrado a la marca.	

TABLA 1.4 Comparación entre Asiga MAX, Asiga PICO2, Asiga PICO HD, Asiga Pro2, DFAB






					
Impresora	Asiga MAX	Asiga PICO2	Asiga PICO” HD	Asiga Pro2	DFAB
Compañía	Whip Mix corp	Whip Mix corp	Whip Mix corp	Whip Mix corp	DWS
Descripción	Origen Australia. Combina una alta productividad con un espacio pequeño de trabajo. Es abierta al material de puede usar materiales de resina Whip Mix, así como una gama de materiales de otros fabricantes. Una de las impresoras más pequeñas del mercado.	Origen Australia. Combina una alta productividad con un espacio pequeño de trabajo. Destaca una de las mejores reproducciones de detalles (39 micras) ideal para la impresión de patrones fundibles para prótesis fija. Una de las impresoras más pequeñas del mercado.	Origen Australia. Mantiene las características de la PICO2, pero es un poco más versátil, permitiendo imprimir otro tipo de productos. Destaca que tiene una mayor reproducción de detalle (27 micras) siendo ideal para trabajos de precisión.	Origen Australia. Impresora que mantiene las mismas características que la serie PICO2, pero está diseñada para una producción a mayor escala, aunque manteniendo un tamaño pequeño, silenciosa y no requiere instalaciones especiales.	Origen Italia. Impresora diseñada para una rápida creación de restauraciones provisionales de coronas puentes y carillas en menos de 20 minutos. Uso indicado en la consulta odontológica. Cuenta con un software que permite registro de color de A1 a A3.5 (vita) y la impresión en el tono elegido.
Dimensiones	26 x 38 x 37 cm	26 x 38 x 37 cm	26 x 38 x 51 cm	45 x 49 x 80 cm	48 x 48 x 114 cm versión chairside 30 x 30 x 30 versión escritorio
Peso	18kg	14 kg	18 kg	35kg	40 KG
Precio	\$ 13,900 USD	\$ 7,000 USD	\$ 12,000 USD	\$25,000 USD	No indica
Tipo de impresión	SLA (de arriba hacia abajo)	SLA (de arriba hacia abajo)	SLA (de arriba hacia abajo)	SLA (de arriba hacia abajo)	SLA
Material	Resinas líquidas Whip Mix y compatible con	Resinas líquidas Whip Mix y	Resinas líquidas Whip Mix y	Resinas líquidas Whip Mix y	Temporis tm. Es una resina biocompatible

	cualquier resina de cualquier fabricante.	compatible con cualquier resina de cualquier fabricante.	compatible con cualquier resina de cualquier fabricante.	compatible con cualquier resina de cualquier fabricante.	patentada, certificada clase IIa en presentación de cartucho de resistencia a la compresión similar a la de composites híbridos.
	Los valores resina whipmix van desde los \$120 a \$499 USD (1 litro)				Cerrado
Archivo y compatibilidad	STL, SLC Y Stomp (STM) Totalmente compatible con escáneres líderes del mercado y softwares de diseño. También cuenta con su Software Asiga Composer.	STL, SLC Y Stomp (STM) Totalmente compatible con escáneres líderes del mercado y softwares de diseño. También cuenta con su Software Asiga Composer	STL, SLC Y Stomp (STM) Totalmente compatible con escáneres líderes del mercado y softwares de diseño. También cuenta con su Software Asiga Composer	STL, SLC y Stomp (STM) Totalmente compatible con escáneres líderes del mercado y softwares de diseño. También cuenta con su Software Asiga Composer	STL, SLC, DWS3, DWS2, MKR, 3DM, PLY, 3DS, OBJ, LWO, X.
Otros	Conectividad Wifi y Ethernet Soporte técnico de por vida	Conectividad Wifi y Ethernet Soporte técnico de por vida	Conectividad Wifi y Ethernet Soporte técnico de por vida	Conectividad Wifi y Ethernet Soporte técnico de por vida Garantía de 5 años	No indica
Velocidad o tiempo de impresión	NO INDICA	40 mm/hr	40 mm/hr	NO INDICA	Indica: que puede realizar hasta 5 piezas en menos de 20 minutos.
Exactitud de impresión	0.062 mm	0.039 a 0.050 mm	0.027 a 0.037 mm	0.050 a 0.075 mm	0.040 mm
Volumen de impresión	119 x 67 x 75 mm	51 x 32 X 75 mm a 64 x 40 x 75 mm	71 x 40 x 75 mm	96 x 54 x 200 mm a 144 x 81 x 200 mm	47 x 18 x 40 mm
Espesor de capas	1 micrón	1 micrón	1 micrón	1 micrón	40 micrones

Usos odontológicos	Aplicaciones ortodónticas, coronas y puentes provisionarios y patrones para definitivas, guías quirúrgicas, cubetas individuales, prótesis removibles parciales.	Modelos de cuadrantes, patrones fundibles para coronas, puentes., inlays y onlays	Planos transparentes , guías quirúrgicas, estructuras fundibles para coronas, puentes y prótesis removible. Modelos parciales (cuadrantes)	Aplicaciones de ortodoncia, modelos dentales, planos transparentes, guías quirúrgicas, estructuras fundibles para coronas, puentes, inlays, onlays y prótesis parciales, cubetas individuales.	Coronas, puentes y carillas. Permite la creación de hasta 5 coronas en menos de 20 minutos
Comentarios positivos	Gran versatilidad de impresiones. Una de las Impresoras de menor tamaño. Ofrece un sistema de material muy abierto, compatible con cualquier tipo de resina de cualquier fabricante, con las certificaciones correspondientes. Ofrece el recambio de material más rápido del mercado (30 seg) Calibración simplificada y radiómetro para calibración led	Ofrece una de las mejores reproducciones de detalle dentro de las impresoras de escritorio, ideal para la confección de patrones para coronas, puentes, inlays y onlays. Buena velocidad de impresión. Una de las impresoras de menor tamaño y más livianas del mercado. Sistema abierto a cualquier material compatible. Uso amigable y fácil de usar.	Ofrece una de las mejores reproducciones de detalle dentro de las impresoras de escritorio, ideal para la confección de patrones para coronas, puentes, inlays y onlays (27 micrones) Buena velocidad de impresión. Una de las impresoras de menor tamaño y más livianas del mercado. Sistema abierto a cualquier material	Gran versatilidad de impresiones. Mayor volumen de producción Muy buena reproducción de detalles Sistema abierto a cualquier material compatible. Uso amigable y fácil de usar. Libre de patentes Su uso está condicionado a una mayor producción de elementos.	Gran velocidad de impresión, ideal para realizar provisionales en la consulta odontológica.

		Libre de patentes	compatible. Uso amigable y fácil de usar.		
			Libre de patentes		
Comentarios negativos	Requiere el uso de una cámara de polimerización final al terminar la impresión, la que se incluye dentro del valor. El valor por separado de la cámara es de \$500 USD.	Requiere el uso de una cámara de polimerización final al terminar la impresión, la que se incluye dentro del valor. El valor por separado de la cámara es de \$500 USD. Uso más limitado a creación de patrones para restauraciones. Lo que puede ser visto como una característica para adquirirla.	Requiere el uso de una cámara de polimerización final al terminar la impresión, la que se incluye dentro del valor. El valor por separado de la cámara es de \$500 USD. También posee un uso más limitado por su tamaño pequeño, pero es muy útil para la práctica en la consulta odontológica.	Mayor valor que las anteriores impresoras mencionadas de la marca. Aunque esta inversión se debería recuperar con una mayor producción.	Uso limitado a creación de restauraciones provisionarias. Acepta sólo un tipo de material y es cerrado. Las impresiones requieren una post polimerización y pulido final. Difícil comunicación con la empresa. Cuentan con muchos productos, pero con poca información disponible.

TABLA 1.5 Comparación entre Ackuray A135, Diplo, DWP 80s, Perfactory 4 mini XL DDP, Vida cDLM

					
Impresora	Ackuray A135	Diplo	DWP 80s	Perfactory 4 mini XL DDP	Vida cDLM
Compañía	Ackuretta	Ackuretta	Roland	Enviosiontec	Envisiontec
Descripción	<p>Origen Taiwán. Impresora de escritorio muy versátil y abierta a cualquier resina compatible con la impresora. Permite impresiones con una excelente precisión (25 a 35 micras) a una buena velocidad de 4 cm/hr. Se auto calibra, es de fácil uso y de muy poca mantención.</p>	<p>Origen Taiwán. Impresora de escritorio muy versátil y abierta a cualquier resina compatible. Cuenta con una bandeja de impresión doble lo que permite un separar distintos tipos de productos optimizando espacio o producir una mayor cantidad de elementos. Destaca su rapidez de impresión 10 cm/hr</p>	<p>Origen Japón. Impresora de escritorio, de muy fácil uso, diseñada para la confección de bases protésicas, cubetas, planos y estructuras fundibles para prótesis removible.</p>	<p>Origen Alemania. Impresora que cuenta con distintos tamaños en este modelo, siendo ésta una de las más pequeñas y versátiles. Diseñada para una mayor producción, pero sigue contando con dimensiones pequeñas. Capaz de imprimir en más de 20 materiales distintos, lo que la hace extremadamente versátil.</p>	<p>Origen Alemania. Impresora de escritorio, ofrece un sistema de impresión DLP continuo (cDLM) que otorga impresiones de muy buena resolución a una mayor velocidad de producción. Existen otras versiones más “convencionales” como “vida” y “micro hd” que imprimen con el sistema DLP tradicional, siendo un poco más lentas, una calidad y terminación final levemente menor, pero que aceptan más de 30 materiales diferentes, pudiendo ser usadas para uso odontológico, educativo, personalización de elementos etc. (son más económicas que esta mencionada, bordeando los \$15,000 USD)</p>

Dimensiones	36 x 46 x 72 cm	48 x 48 x 50 cm	43 x 37 x 45 cm	73 x 48 x 135 cm	40 x 35 x 79 cm
Peso	33 kg	37 kg	24 kg	85 kg	34 kg
Precio	\$ 18,900 USD	No indica	\$16,000 USD Opción de leasing (USA) \$320 USD por 60 meses	\$ 118,000 USD	\$50,000
Tipo de impresión	DLP	DLP	DLP	DLP	DLP (cDLM)
Material	Sistema abierto compatible con resinas fotopolimerizables a 405 nm	Sistema abierto compatible con resinas fotopolimerizables a 405 nm	Resina biocompatible clase IIa. Divididas según uso para: Bases, cubetas o material fundible.	Resinas propias de la marca. Acepta 26 resinas distintas para diferentes usos.	Reinas propias de la marca. Acepta 7 resinas distintas para diferentes usos.
Archivo y compatibilidad	STL, SLC, 3DM Software propio.	STL, SLC, 3DM Software propio.	STL Software Quick Denta de fácil uso	STL Compatible con software de manejo de imagen STL	STL Compatible con software de manejo de imagen STL
Otros	Conexión Wifi - USB	Conexión Wifi - USB	Conexión USB	Indica Sistema "plug and play"	Indica Sistema "plug and play"
Velocidad o tiempo de impresión	4 cm / hr	10 cm / hr	Indica: 8 estructuras durante el día y 4 estructuras por la noche.	25 mm /hr	Sólo indica 10 veces más rápida que las DLP convencionales
Exactitud de impresión	0.025 a 0.035 mm	0.037 mm	No indica	0.060 mm	0.076 mm
Volumen de impresión	135 x 76 x 130 mm	140 x 78 x 110 mm en cada plataforma (2 plataformas)	80 x 80 x 80 mm	115 x 72 x 180 o 230 mm	145 x 81.5 x 100 mm
Espesor de capas	1 a 100 micrones	5 a 100 micrones	No indica	25 a 150 micrones	25 a 150 micrones
Usos odontológicos	Modelos, guías quirúrgicas, splints, planos, coronas provisionales,	Modelos, guías quirúrgicas, splints, planos,	bases protésicas, patrones para fundir bases metálicas,	Modelos, guías quirúrgicas, restauraciones provisionales	Coronas y puentes provisionales, componentes fundibles, planos, modelos,

	cubetas individuales, impresión de encía y patrones fundibles para coronas y puentes.	coronas provisorias, cubetas individuales, impresión de encía y patrones fundibles para coronas y puentes.	férulas, cubetas individuales.	color a1 a2 y a3, componentes de prótesis parciales removibles, encerados, planos, estructuras fundibles, impresión de encía flexible, cubetas individuales, cubetas para ortodoncia, bases de prótesis color rosa.	estructuras fundibles, bases protésicas rosadas.
Comentarios positivos	<p>Gran versatilidad en cuanto a la impresión de productos.</p> <p>Fácil de usar. Gran rapidez 4 cm/hr en conjunto a una gran reproducción de detalles 25 a 35 um.</p> <p>Sistema de impresión abierto a cualquier material compatible</p>	<p>Gran versatilidad en cuanto a la impresión de productos.</p> <p>Tamaño pequeño. Fácil de usar.</p> <p>Gran rapidez 10 cm/hr en conjunto a una gran reproducción de detalles 37 um.</p> <p>Sistema de impresión abierto a cualquier material compatible.</p>	<p>Buen servicio de venta y disponibilidad de información. Soporte y servicio al cliente.</p> <p>Para ser una impresora de escritorio permite la impresión simultánea de 3 o 4 estructuras distintas de</p>	<p>Una de las impresoras más versátiles que existe, ya que acepta 26 distintos materiales para diferentes usos.</p> <p>Tan versátil que puede ser utilizada para otros fines también. Por ejemplo, creación de instrumental u otros elementos.</p> <p>Esta marca ofrece resinas muy específicas para distintos usos odontológicos.</p>	<p>Esta impresora ofrece como ventaja, el sistema de impresión cDLM que otorga impresiones hasta 10 veces más rápidas que el sistema DLP tradicional con una gran calidad de reproducción y acabado final, lo que requiere muy poco trabajo de pulido y post proceso.</p> <p>Tamaño pequeño y muy versátil en cuanto a sus usos.</p> <p>Esta marca ofrece resinas muy específicas para distintos usos odontológicos.</p>

Comentarios negativos	Requiere un proceso post impresión de curado y pulido	Requiere un proceso post impresión de curado y pulido.	Uso limitado a confección de estructuras para prótesis removible.	Sistema cerrado a recibir sólo resinas de la marca.	Sistema cerrado a recibir sólo resinas de la marca.
	Difícil contactar con el servicio de venta.	Difícil contactar con el servicio de venta.	Poca información sobre la precisión de impresión. Lenta. Requiere proceso de pulido (instrumental incluido con la impresora) Requiere proceso de post curado.	Requiere tratamiento post impresión de pulido y polimerización Alto costo	Requiere tratamiento post impresión de pulido y polimerización Alto costo.

TABLA 1.6 Comparación entre Projet 6000 y 7000 HD, Projet MJP 3600 Dental, ProX DMP 200 Dental



Impresora	Projet 6000 y 7000 HD	ProJet MJP 3600 Dental	ProX DMP 200 Dental
Compañía	3D Systems	3D Systems	3D Systems
Descripción	Origen USA. Es una impresora industrial de una de las compañías con más experiencia en el mercado. Diseñada para otras aplicaciones, ya que acepta varios tipos de materiales, pero para	Origen USA. Impresora de laboratorio para producción masiva, produce a gran escala, su producción es continua y su uso está limitado a algunas aplicaciones, pero pensadas en aumentar	Origen USA. Impresora de producción masiva que imprime directamente en metal, mediante un láser sinteriza metal en polvo, reproduciendo piezas de muy alta calidad de detalles, requiriendo muy poco

	la odontología es compatible con una resina para modelos dentales.	el flujo de producción disminuyendo costos a futuro.	post proceso. Imprime piezas muy densas libre de poros y paredes muy finas.
Dimensiones	79 x 74 x 183 cm 98 x 85 x 183 cm	75 x 200 x 151 cm	120 x 150 x 195 cm
Peso	181 y 272 Kg	299 kg	1500 kg
Precio	\$ 200,000 USD	Sólo se indica Rango entre \$50,000 a \$100,000 USD	\$ 450,000 USD
Tipo de impresión	SLA	MJP (MultiJet Printing)	DMP (Direct Metal Printing) Laser 300 W
Material	Resina de la marca. Visijet SL e-stone	Resinas de la marca Visjet para calcinables, modelos y guías	LaserForm CO-Cr cobalto-cromo libre de níquel. Acero inoxidable. Aleación de aluminio
Archivo y compatibilidad	STL	STL	STL
Velocidad o tiempo de impresión	No indica	No indica	No indica
Exactitud de impresión	0.050 mm	0.029 a 0.032 mm	0.020 mm
Volumen de impresión	250 x 250 x 250 mm 380 x 380 x 250 mm	284 x 185 x 203 mm	140 x 140 x 125 mm
Espesor de capas	45 micrones	20 micrones	10 micrones
Usos odontológicos	Modelos	Producción masiva de modelos. Producción masiva de guías. Producción masiva de elementos calcinables.	Estructuras metálicas para coronas, puentes y bases de prótesis removible.
Comentarios positivos	Puede producir cientos de unidades por ciclo. Trabajo continuo 24/7.	Puede producir cientos de unidades por ciclo. Precisión para aplicaciones dentales. Uso de material biocompatible. Ahorro de materiales y tiempo a escala masiva.	Puede producir cientos de unidades por ciclo. Precisión para aplicaciones dentales y la formación de estructuras calcinables.

Comentarios negativos	Muy poco versátil ya que pueden producir solamente modelos, pero si el laboratorio disminuye gastos y tiempo con esto, es la indicada para ese uso. Elevado valor.	Elevado costo, pero está diseñada para ser usada en laboratorio. Poca versatilidad, pero está diseñada para producir productos limitados a gran escala.	Elevado costo, pero está diseñada para ser usada en laboratorio. Poca versatilidad, pero está diseñada para producir productos limitados a gran escala.
-----------------------	---	---	---

5.- CONCLUSIONES

Existen numerosas características al momento de analizar los tipos de impresoras 3D, pero lo más importante al momento de elegir una impresora o analizar un grupo de impresoras es decidir el uso que se le quiere dar, ya que a pesar de existir varios factores en común hay algunos determinantes entre las distintas marcas e inclusive dentro de las mismas compañías existen modelos para fines distintos. Por otra parte, las compañías tratan de especializarse en un área, desarrollar nueva tecnología que pueda encantar al público general o enfocarse en un público objetivo.

Lo que el clínico debe tener claro es la finalidad del uso, si desea una impresora versátil que me pueda entregar distintos productos, hay varias opciones y entonces se debe analizar el resto de las características tales como el precio, el tamaño, el volumen de impresión, la compatibilidad con distintos sistemas y materiales. Pero por otra parte si el profesional desea por ejemplo una impresora sólo para hacer estructuras calcinables, existen menos opciones, si desea la impresora sólo para la confección de provisorios de manera rápida en clínica existe una opción, si desea una mayor producción sólo de modelos, ya habría que tener en cuenta las impresoras de laboratorio o producción masiva, lo que va de la mano con un muy alto valor inicial.

Vale la pena señalar que existe un factor muy importante para el trabajo clínico odontológico, dejando de lado el precio, la velocidad, el volumen de producción o el tamaño de la impresora, que es la reproducción de detalles, si bien la mayoría de las impresoras para uso dental reproducen detalles con una precisión de 20 a 100 micrones, esto podría hacer la diferencia al confeccionar estructuras en cuanto a la exactitud de la impresión, diferencia pequeña, pero es necesaria considerar.

Por lo tanto, es imposible entonces el poder determinar qué impresora es la mejor del mercado, pero con la ayuda de este análisis, se puede guiar de mejor forma al clínico para poder determinar cuál de todas estas impresoras 3D es la que más se adapta a sus necesidades y así poder realizar la mejor elección.

6.- BIBLIOGRAFIA

1. NextDent, <http://www.nextdent.cl>
2. Stratasys, <http://www.stratasys.com>
3. 3D Systems Corporation, <http://www.3dsystems.com>
4. Evodent, <http://www.evodent3d.com>
5. Sprintray, <http://www.sprintray.com>
6. Planmeca, <http://www.planmeca.com>
7. Formlabs Inc, <http://www.formlabs.com>
8. Flashforge. <http://www.flashforge.com>
9. Structo, <http://www.structo3d.com>
10. Whip Mix, <http://www.whipmix.com>
11. Ackuretta, <http://www.ackuretta.com>
12. DWS Systems, <http://www.dwssystems.com>
13. Envisiontec Inc, <http://www.envisiontec.com>
14. Kulzer, <http://www.kulzer.com>
15. Roland, <http://www.rolanddga.com>
16. Dental products report, <http://www.dentalproductsreport.com>
17. Aniwaa, Info engine of 3D printing, <http://www.aniwaa.com>
18. Medicaexpo, exhibición online de dispositivos médicos, <http://www.medicaexpo.com>
19. All 3DP, 3D printing magazine, <http://www.all3dp.com>
20. 3D Natives, Business medical news research, <http://www.3dnatives.com>
21. Design point, 3D Software and Hardware solutions, <http://www.design-point.com>
22. 3D Printing from scratch, 3D forum, <http://www.3dprintingfromscratch.com>
23. 3D Printing.com, global source for 3D info, <http://www.3dprinting.com>