



## [Resumen]

La tecnología informática moderna se ha vuelto imprescindible en el sector dental. Pero el proceso de elaboración por capas ofrece también un gran potencial en las aplicaciones odontológicas, como por ejemplo en la elaboración de modelos dentales. En el presente artículo se esbozan primero brevemente los requisitos fundamentales de los materiales empleados en el proceso de elaboración por capas y posteriormente, mediante el ejemplo de un modelo dental, se muestran las posibilidades de dichos procesos y se presentan las estrategias para fabricar tales modelos de manera económica.

## Palabras clave

Estereolitografía. Procesos de fabricación generativos. Procesos de elaboración por capas. Modelos dentales. Rapid manufacturing (fabricación rápida).

(Quintessenz Zahntech. 2008;34(8):1028-34)

## Las posibilidades de aplicación de los procesos de elaboración generativos en odontología

**Jan Schünemann, Britta Cyron y Martin Klare**

La tecnología informática moderna es imprescindible en el sector dental<sup>6</sup>. En la actualidad ya están funcionando varios centros de fresado, cada cual ofreciendo los precios más competentes, lo que ha fomentado un mercado bastante competitivo. De la misma manera que una vez la tecnología de colado obligó a la industria a comprar equipos de colado en cada laboratorio, se está desarrollando actualmente una estrategia de mercado con la que se pretende que todos externalicen los trabajos de escaneo. Pero ¿por qué tipo de sistema o escáner decidirse?

Los procesos de elaboración por capas también ofrecen un gran potencial debido ante todo a su continuo desarrollo en relación con el proceso de rapid manufacturing (fabricación rápida) y a los materiales para otras aplicaciones dentales futuras, por ejemplo para la fabricación de modelos dentales.

En el presente artículo se esbozan, primero brevemente, los requisitos fundamentales de los materiales empleados en el proceso de elaboración por capas, y luego, con la aplicación del «modelo dental», se muestran las posibilidades de dichos procesos y se presentan las estrategias para fabricar tales modelos de manera económica.

## Introducción

## Estado de la técnica y de la fabricación

En la actualidad existen procesos diferentes; por un lado, procesos que exigen una unión estrecha con el fabricante (sistemas cerrados) y, por otro lado, el escaneo, que abre opciones en todas las direcciones (sistemas abiertos). Según la opinión de los autores la tendencia actual se inclina hacia los procesos abiertos. Al igual que ocurre en el sector informático general todo gira en torno a aplicaciones de software para una amplia gama de trabajos dentales.

Los tiempos de «sólo» fresar pertenecen al pasado. Ahora el mundo dental está siendo conquistado por otras técnicas, como el sinterizado por láser (SLS), la impresión 3D y la estereolitografía (SL). En el presente artículo se presta especial atención a la estereolitografía.

Imagínese que quiere tener una nueva carcasa de móvil, por ejemplo con un diseño de color verde y estrellas de color rosa: accede a Internet, se registra en una página y descarga un archivo que, por medio de un aparato especial, lo produce en plástico. ¡Esto actualmente ya es posible! Pero ¿qué significa para la odontología o para la medicina este avance?

Hoy en día se dispone de bases de datos digitales, por ejemplo gracias al rápido avance de las técnicas de imagen. Por eso, los pasos de trabajo se digitalizan cada vez más. En especial los procesos de elaboración por capas, también llamados procesos generativos, ofrecen la posibilidad de asegurar la calidad de forma consecuente en el trabajo diario del laboratorio. Por eso, la elaboración generativa, por ejemplo de modelos de colado a través de impresión 3D, la fabricación de plantillas de perforación para implantes con la tecnología SL y la fabricación de armazones con SLS pertenecen hoy por hoy a procesos arraigados en la tecnología mental, aunque su cuota de mercado sea de aproximadamente de 1 o 2%.

Los procesos de elaboración por capas ofrecen un gran potencial, debido ante todo a su continuo desarrollo en relación con el proceso rapid manufacturing (fabricación rápida) y a los materiales para otras aplicaciones centrales futuras, por ejemplo, para la fabricación de modelos dentales. A la pregunta de si se pueden confeccionar modelos dentales sin yeso ahorrando costes y de forma generativa, se puede contestar afirmativamente. Para la aplicación del proceso mencionado existen muchas posibilidades basadas en el registro digital de datos, ya sea desde la impresión, ya directamente desde el escaneo intraoral, como con el LAVA Chairside Oral Scanner COS de la empresa Brontes 3D o 3M Espe, Seefeld. De esta manera se pueden enviar dos bases de datos diferentes: por un lado la reconstrucción virtual de un armazón y, por otro lado, la información digital de un modelo. De esta manera es posible unir las dos bases de datos.

Esta técnica posee otras numerosas opciones. Desde hace algunos años la industria de prótesis auditivas viene creando prótesis de serie con este proceso. En la actualidad, aproximadamente el 60% de la producción mundial se crea con el proceso rapid manufacturing<sup>2</sup> (fabricación rápida), y tiende a seguir aumentando.

En odontología hay diferentes conceptos sobre qué aplicaciones pueden ser útiles y aplicables. Hasta ahora son conocidas las plantillas para taladrar de diferentes sistemas de guía (implante guiado por plantilla). La plantilla construida virtualmente con datos CT (tomografía computerizada) se crea de manera individual y estereolitográfica por medio de una transmisión de datos. Por eso, además de los parámetros físicos-químicos se debe poner una atención especial en la biocompatibilidad de las resinas empleadas. En este ejemplo

# MATERIALES MATERIALES



Fig. 1. Plantilla para taladrar hecha en resina estereolitográfica FotoTec SLD.



Fig. 2. Modelo dental fabricado de manera generativa (a la izquierda, FotoTecSLA) y un modelo de yeso fabricado de manera tradicional.

se utiliza la resina SL FotoTec SLD de la empresa Dreve, Unna, Alemania, que ha superado todas las pruebas de la ISO 10993 de citotoxicidad, sensibilización e irritación. El material contiene una resina reforzada con nanopartículas que posee, además de biocompatibilidad, magníficas propiedades mecánicas para esta aplicación (fig. 1).

¿Cuáles son las posibilidades actuales de la impresión de modelos? No hace mucho tiempo atrás existían sólo materiales transparentes/translúcidos para confeccionar los modelos. Las superficies no obtenían un resultado aceptable, pero mostraron el camino del desarrollo tecnológico posterior.

Gracias a las nuevas tecnologías de escaneo mencionadas anteriormente se dispone hoy de impresiones digitalizadas. Los datos generados se pueden utilizar para crear un modelo dental con métodos de construcción por capa que suponen una alternativa al modelo de yeso (fig. 2).

Así, por ejemplo, el protésico dental puede comprobar a tiempo real en el modelo la precisión de ajuste de las restauraciones dentales creadas con métodos digitales. Y además de las elevadas exigencias referentes a la precisión<sup>1,7</sup> ésta es una aplicación dental especialmente sensible a los precios. Por otra parte, se recomienda colorear el objeto creado a través del método generativo y ofrecer así el mejor contraste posible entre la restauración dental y el modelo. Esto es de vital importancia para controlar la precisión de ajuste en los límites de preparación<sup>4</sup>. Con la resina estereolitográfica FotoTec SLA (Dreve) se han podido crear con éxito en un equipo Viper si2 (3D Systems, Darmstadt, Alemania) modelos con las propiedades ópticas deseadas.

Para ello se digitalizó un grupo de datos y se procesaron con un equipo SL para implementarlos en la construcción capa a capa con la máquina. A continuación se sacaron las piezas y se limpió la superficie de los restos de resina. Acto seguido se endurecieron las piezas en un aparato de fotopolimerización adecuado a la estereolitografía (FotoTec



Fig. 3. Superficie lisa de un modelo fabricado con tecnología SL.



Fig. 4. Modelo transparente, impreso en sustrato.

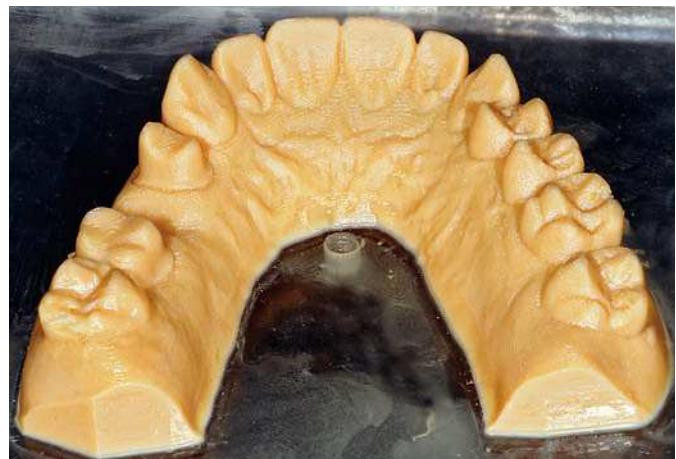


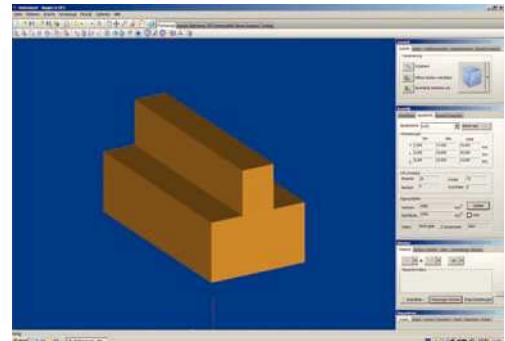
Fig. 5. El estado actual de la técnica: yesos de colores.

PCU, Dreve) bajo un lavado de nitrógeno. Utilizando los modelos de fabricación generativa se pueden minimizar las causas que producen errores, documentar las diferentes fases de trabajo parciales hasta el acabado del modelo calculado y utilizar dichas fases para garantizar la calidad<sup>5</sup>. Los modelos poseen en la mayoría de los casos una placa de fondo. Desde el punto de vista técnico del proceso esto significa, por ejemplo para el proceso de fabricación con estereolitografía, que se creen estructuras de soporte (apoyos) sobre la plataforma y se utilicen para fabricar la placa de fondo con un 60% de la resina necesitada. Esto conlleva un aumento de los tiempos de trabajo. Teniendo en cuenta el tiempo de ejecución de las máquinas, el desgaste del láser y los tiempos de los ciclos, esto influye en la productividad del proceso. Además, la posición de la primera capa sólo se puede definir con una varianza que, dado el caso, produzca una variación en el eje z de la pieza. Esto puede provocar que precisamente en la región oclusal de la pieza la situación clínica se reproduzca de manera deficiente. Para evitarlo se ofrece la posibilidad de construir directamente los modelos dentales con sustratos prefabricados<sup>3</sup>. Este tipo de construcción se reproduce en las figuras 4 y 5. Otra posibilidad para aumentar la productividad del proceso es la de crear los modelos dentales acanalados (figs. 6 y 7). Gracias al uso reducido del material se pueden minimizar los costes de material, de láser, así como los tiempos de construcción.

Fig. 6. Formas acanaladas para ahorrar material y tiempo.



Fig. 7. Cuerpo para la simulación del modelo con 4,5 cm<sup>3</sup> de volumen y 5,4 g de peso (las estructuras de soporte y la resina adherente aumentan de peso 4,6 g por pieza).



# MATERIALES MATERIALES

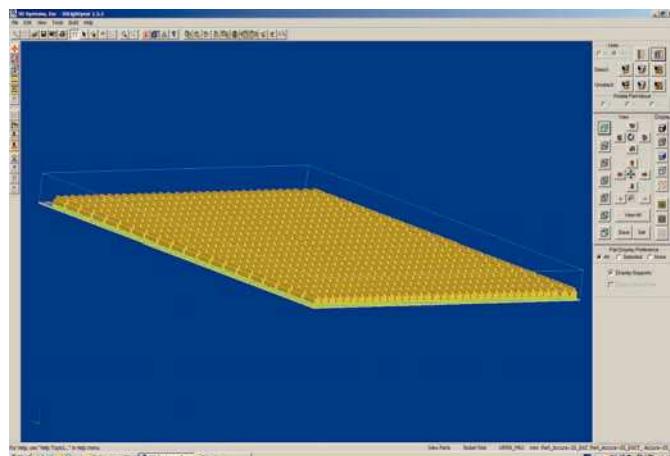


Fig. 8. Montaje de la plataforma de una Viper Pro de la empresa 3D Systems con 700 piezas.

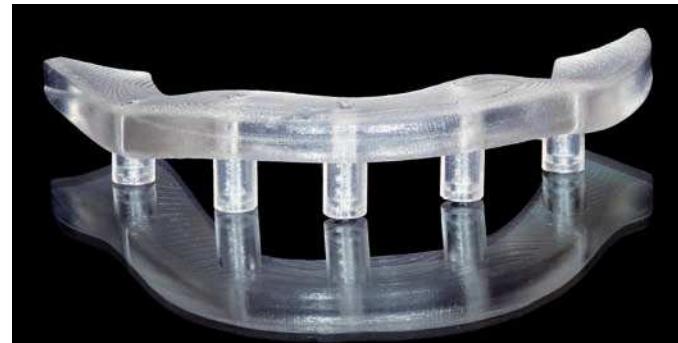


Fig. 9. Barra impresa sobre implantes.

**Tabla 1.** La estimación de los costes del proceso

Tamaño	Modelo completo	Modelo acanalado	Modelo acanalado sobre sustrato prefabricado
Número de piezas	700	700	700
Precio de la resina ( $\text{€ kg}^{-1}$ )	300	300	300
Costes de maquinaria ( $\text{€ kg}^{-1}$ )	150	150	150
Consumo de resina (g por pieza)	10	7	3
Tiempo de procesado (h)	4	2,5	1,5
Precios del sustrato (€)	0	0	0,30
Costes de las piezas (€)	3,86	2,64	1,52

Para valorar la productividad de los procesos mencionados anteriormente se ha llevado a cabo un trabajo de construcción con una geometría de prueba que simula un modelo dental para un soporte de oclusión terminal (fig. 8).

Se colocaron 700 piezas en una plataforma de la máquina Viper Pro de la empresa 3D Systems. El tiempo de procesado en la máquina para este modelo completo fue de aproximadamente 4 h. Comparado con éste, el tiempo de procesado para el mismo modelo construido de manera acanalada se reduce entre 1,5 y 2,5 h y el consumo de materiales se reduce por pieza en 7 g. Durante la fabricación de la pieza acanalada directamente en los sustratos prefabricados se puede bajar el tiempo de procesado una hora más y reducir el uso de material en 3 g por pieza. La estimación de los costes del proceso se reproducen en la tabla 1. Ésta sólo considera los costes de fabricación. Sin embargo, de los datos se puede deducir la posibilidad de reducir todavía más los costes de fabricación en más del 60%. Además de estos costes de fabricación se suman los costes de limpieza y endurecimiento posterior de las piezas.



Fig. 10. Precisión hasta el pilar.



Fig. 11. Supraconstrucción sobre el implante a modo de instrumento de planificación.



Figs. 12 y 13. Una corona implantaria impresa con forma oclusal.



Estos costes dependen considerablemente del proceso y del usuario. De estos datos se deduce sin embargo que los costes estimables de las piezas pueden competir completamente con los de los modelos de yeso.

El uso de la estereolitografía contempla también otras muchas aplicaciones dentales, especialmente en la implantología, que acoge un amplio espectro de aplicaciones: desde la construcción de barras, pasando por los instrumentos de planificación, hasta las coronas implantarias terminadas (figs. 1 a 13).

**Conclusión** De todos los ejemplos mencionados se deduce claramente que las aplicaciones dentales exigen requisitos especiales respecto al material, a las tecnologías de fabricación gene-

# MATERIALES

## MATERIALES

rativas y a los procesos. Las ventajas y los puntos fuertes de los procesos de elaboración generativos para fabricar objetos dentales sólo surten efecto y representan una alternativa a los objetos fabricados de la manera tradicional cuando en la selección del material, de la tecnología y, en definitiva, en el desarrollo de todo el proceso se ha tenido en cuenta el factor económico. Desde el punto de vista de los autores ésta será la situación habitual a medio plazo.

1. Eichner K, Kappert HF. *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Band 1: Grundlagen und ihre Verarbeitung.* 7. unveränderte Auflage. Stuttgart/New York: Georg Thieme, 2000.
2. Klare M, Lindner F. *Rapid Manufacturing in der Medizintechnik – Neue Verfahrens- und Materialkonzepte.* RTejournal 2007;4:urn:nbn:de:0009-2-11179.
3. Klare M, Lindner F, Kanzok B. *Wie und wann werden Rapid-Technologien in der Medizintechnik wirtschaftlich? – Neue Anwendungen und Verfahren im Dentalbereich.* Erfurt: Tagungsband RapidTech Erfurt, 2008.
4. Luthardt RG, Bornemann G, Lemelson S, Walter MH, Hüls A. *An innovative method for evaluation of the 3-D internal fit of CAD/CAM crowns fabricated after direct optical versus indirect laser scan digitizing.* Int J Prosthodont 2004;17:680–685.
5. Reichel K. *Digitale Konstruktionsverfahren in der CAD/CAM-Technologie.* Dig Dent News 2007;1:26–30.
6. Semmer K. *CAD/CAM in der Dentaltechnik: 3D-Scanning, Algorithmen und Software-Ergonomie.* Tagungsband 3D-NordOst 2003: 6. anwendungsbezogener Workshop zur Erfassung, Verarbeitung, Modellierung und Auswertung von 3D-Daten. Berlin: Gfal, 2003;67-74.
7. Unterbrink GL. *Differenzierende Analyse der erforderlichen Genauigkeiten bei laborgefertigten Restaurationen* Phillip J 1997;14:386–388.

[Bibliografía](#)

ZTM Jan Schünemann.  
Lifestyle-Dentistry.  
Lipper Hellweg 29, 33604 Bielefeld, Alemania.  
Correo electrónico: [Jan.Schuenemann@Lifestyle-Dentistry.com](mailto:Jan.Schuenemann@Lifestyle-Dentistry.com)

[Correspondencia](#)

Dipl.-Ing. (FH) Britta Cyron y Dr. Martin Klare, ProDiMed.  
Max-Planck-Strasse 31, 59423 Unna, Alemania.  
Correo electrónico: [martin.klare@dreve.de/britta.cyron@dreve.de](mailto:martin.klare@dreve.de/britta.cyron@dreve.de)