

**Renfert**

making work easy



El modelo digital:

**El futuro de la confección eficiente  
de modelos de ortodoncia**

## Índice

El futuro de la confección eficiente de modelos de ortodoncia _____	Pág. 3
Fabricación digital de modelos: de CAI a CAM, pasando por CAD _____	Pág. 4
Ventajas del modelo digital _____	Pág. 6
Cadena de inversión: flujo de trabajo digital _____	Pág. 7
Proceso de impresión de modelos en 3D _____	Pág. 9
Impresión con resina frente a impresión por filamento _____	Pág. 10
Impresoras por filamento para la ortodoncia _____	Pág. 13
Visión general del flujo de trabajo: impresión por filamento con SIMPLEX _____	Pág. 14

---

### Renfert GmbH

Untere Giesswiesen 2  
78247 Hilzingen

Tel. +49 (0) 77 31 82 08-0  
Fax +49 (0) 77 31 82 08-70

[www.renfert.com](http://www.renfert.com)

---

## El futuro de la confección eficiente de modelos de ortodoncia

Los procesos digitales están conquistando el mundo de la odontología. También en ortodoncia se recurre cada vez más a métodos digitales, por ejemplo, para el diagnóstico y la planificación o para la producción de aparatos o férulas. Si bien el modelo físico sigue siendo imprescindible, ¿cómo crear un modelo de gran calidad de forma eficiente, a la vez que ecológica, en el flujo de trabajo digital? En el libro blanco de los expertos encontrará la respuesta.

La integración de los procesos digitales en el trabajo diario de la ortodoncia aporta numerosas ventajas. Los procesos digitales hacen que la terapia sea más rápida, precisa y cómoda. El diagnóstico, la planificación y los resultados pueden simularse y optimizarse en el ordenador. Los procesos de trabajo son cada vez más eficientes; y el menor tiempo invertido en ello se traduce en una ventaja económica. Pero, ¿qué relevancia tiene esto para la clínica y el laboratorio dentales? ¿Cómo iniciarse de forma sencilla en el mundo de la digitalización?

*Para iniciarse en la ortodoncia digital, primero hay que tener en cuenta los aspectos básicos: recogida de datos (CAI), tratamiento de datos (CAD) y fabricación (CAM). A partir de ahí, ya pueden comenzar a adoptarse decisiones prudentes de inversión.*

## Fabricación digital de modelos: de CAI a CAM, pasando por CAD

En ortodoncia, los procesos digitales no son nada nuevo. Hace ya tiempo que distintos softwares diagnostican y planifican los tratamientos en formato virtual. Lo que ha cambiado es el potencial de los escáneres intraorales modernos. Los escáneres intraorales han experimentado un enorme impulso innovador y se están convirtiendo en el elemento de cambio de la ortodoncia digital.

Algunas clínicas aprovechan las posibilidades de la digitalización incluso sin escáneres intraorales propios, por ejemplo, con:

- ☑ el escáner de moldeo (digitalización de piezas moldeadas convencionales);
- ☑ el escáner de escritorio (digitalización del modelo de yeso);
- ☑ la externalización (modelo de yeso a proveedores externos).

Sin embargo, todas estas opciones conducen al modelo digital solo por la vía indirecta, es decir, dando un rodeo. Quien realmente abre la puerta al mundo digital es el escáner intraoral. Hasta que los datos no se recogen digitalmente, no es posible reproducir en este formato todo el flujo de trabajo ortodóntico. Sin necesidad de dar rodeos complicados y susceptibles de errores, el conjunto de datos del modelo digital preciso\* se crea a partir de la boca del paciente.

\*Estudios actuales revelan que tanto el registro de la precisión regional como la exactitud de una exploración de toda la mandíbula con escáneres intraorales modernos están cuando menos a la par con el procedimiento convencional.

**Modelo digital** = modelo virtual en software CAD (formato STL)

**Modelo físico** = modelo de mandíbula tangible en el lugar de trabajo

**Fabricación digital de modelos** = fabricación CAM del modelo  
(impresión 3D, fresado CAM)

Del escaneado de la boca se obtiene una pieza moldeada (**Computer-Aided Impressioning (CAI)**) con la que trabajará el software (**Computer-Aided Design (CAD)**). Muchas indicaciones requieren un modelo físico, el cual se fabrica también en el flujo de trabajo digital (**Computer Aided Manufacturing (CAM)**). La clínica o el laboratorio de ortodoncia pueden obtener el modelo físico por distintas vías. Mientras que la fabricación sustractiva (fresado CAM del modelo) apenas se utiliza por el tiempo y el gasto notables que conlleva, la impresión 3D es cada vez más frecuente. Las formas más comunes de fabricación digital de modelos son:

- ☑ fabricación aditiva en la clínica dental o en el laboratorio (impresión 3D del modelo);
- ☑ externalización (envío a proveedores externos).

*Para el modelo de ortodoncia de fabricación digital se aplican los estándares de calidad habituales: representación precisa de los dientes, cresta alveolar, base de la mandíbula, pliegue y encías de maxilares superior e inferior.*

A diferencia del fresado, la impresión de modelos en 3D es muy económica. Hasta que esta tecnología no ha estado al alcance de la mano, no existía ninguna alternativa real a la fabricación analógica de modelos. La inversión en la impresora suele ser menor, se utiliza menos material y los tiempos de producción son más cortos. La desventaja que a menudo se menciona es el gasto adicional debido al **post-processing** (tratamiento posterior), necesario en algunas tecnologías de impresión (DLP, SLA). Por lo tanto, es preciso comparar las distintas tecnologías de impresión 3D y elegir el método óptimo para los fines ortodónticos. Por ejemplo, la impresión por filamento (proceso FDM/FFF) no requiere tratamiento posterior.

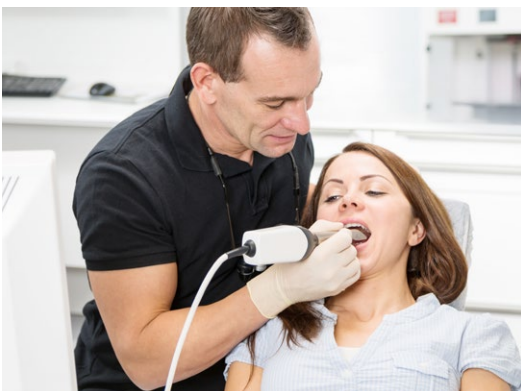
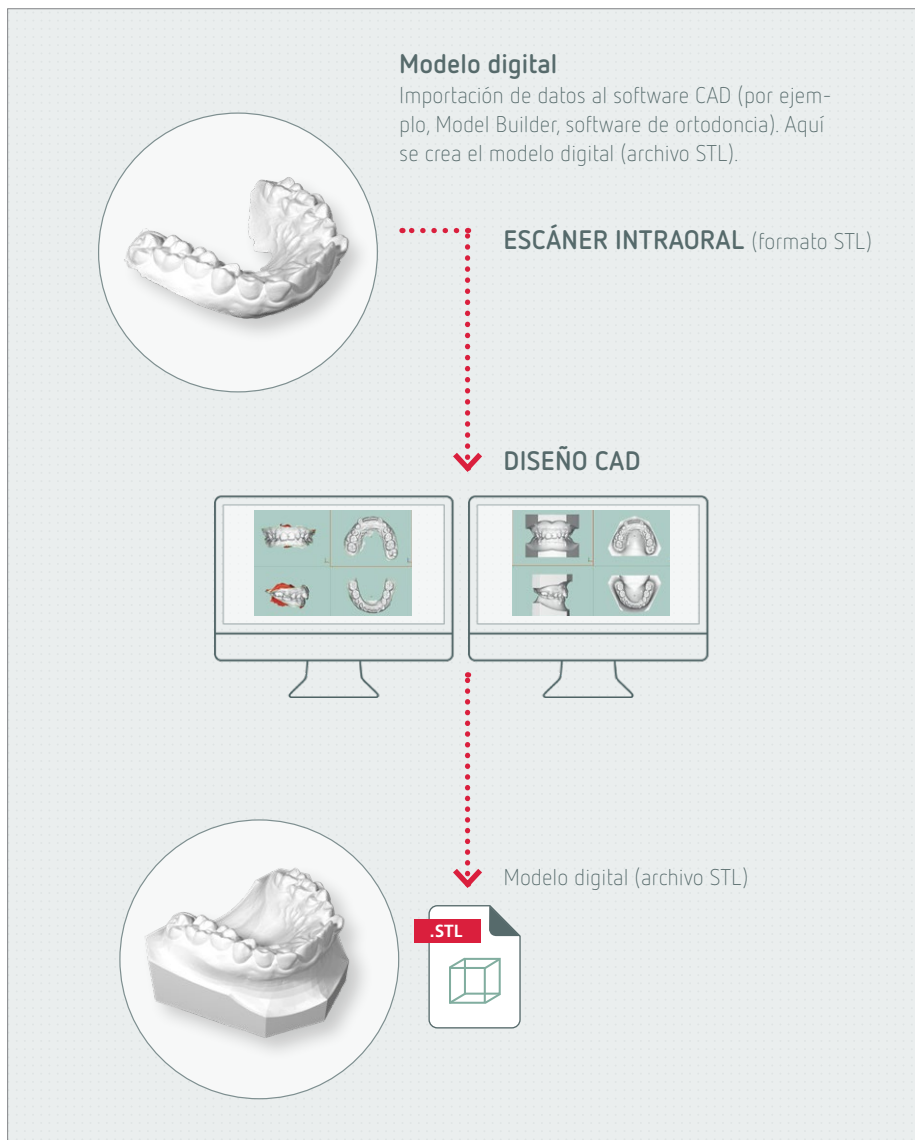


Fig. 1. Digitalización con escáner intraoral

Fig. 2. Modelo de ortodoncia fabricado digitalmente

## Ventajas del modelo digital

Entre las principales ventajas de un modelo digital (conjunto de datos STL) se encuentran el ahorro de tiempo, de recursos, de costes y de espacio; una planificación exacta y la reproducibilidad. Gracias al software, el modelo se crea en solo unos clics. A continuación, el modelo virtual puede evaluarse y prepararse en todos los niveles. El estado del paciente se analiza en el software y se planifica el tratamiento ortodóntico. Las herramientas digitales proporcionan una valiosa ayuda no solo para medir el tamaño y la posición de los dientes, sino también para crear el conjunto. Los distintos escenarios de tratamiento se pueden simular de forma muy sencilla. Otra ventaja es que el modelo digital puede archivar para ahorrar espacio. El conjunto de datos se almacena digitalmente. En el futuro, los datos del paciente podrán consultarse en cualquier momento. En caso necesario, se puede fabricar un modelo físico.



## Cadena de inversión: flujo de trabajo digital

Si se observa el flujo de trabajo digital en el campo de la ortodoncia, se distinguen varias etapas, que idealmente forman una unidad mediante interfaces coordinadas.

1. Conjunto de datos de CAI
2. Software CAD Model Builder
3. Software CAM Slicer
4. Dispositivo de impresión (impresora 3D)

### 1. Escáner intraoral: obtención de datos de superficie

El escáner intraoral\* reproduce superficialmente la situación bucal. Por regla general, los datos se almacenan en formato STL (Standard Triangulation/Tessellation Language: formato estándar de muchos sistemas CAD). Estos datos pueden importarse al software CAD (software de planificación de ortodoncia o software Model Builder) mediante una interfaz.

\*La horquilla de precios de los escáneres intraorales es muy amplia. Vale la pena compararlos. No obstante, la atención no debe centrarse únicamente en el precio, sino también en sus funcionalidades. Hace tiempo que muchos escáneres intraorales son algo más que meros sustitutos de impresión. Para la ortodoncia se abren perspectivas completamente nuevas.

### 2. Model Builder: producción del modelo digital

El modelo digital puede producirse en pocos pasos con la ayuda de aplicaciones informáticas especiales. En el módulo Model Builder\*, los pasos básicos de trabajo para fabricar el modelo suelen realizarse de forma automática (por ejemplo, colocación, rectificado, recorte o alineación del plano oclusal).

\*Model Builder: esta aplicación puede integrarse en el paquete de software CAD o añadirse como opción. Otra alternativa es elegir un software independiente.



### 3. Software CAM Slicer: preparación de la impresión del modelo

En muchas situaciones, además del modelo digital se precisa un modelo físico, entre otros, para:

- ☑ fabricación de alineadores,
- ☑ modelo de planificación,
- ☑ modelo de diagnóstico,
- ☑ modelo de trabajo.

El método preferido para fabricar un modelo preciso a partir de los datos digitales es la impresión 3D. Económica, ecológica (según el proceso elegido), precisa, rápida y sencilla: estas son las ventajas de la impresión de modelos. Para imprimir el modelo digital, el conjunto de datos debe importarse a un software Slicer\*. Esto funciona sin problemas, y prácticamente sin que el usuario se dé cuenta, mediante interfaces coordinadas. El software de corte Slicer prepara el modelo digital para la impresión. Su nombre (Slicing) se debe a que el software descompone el modelo digital en capas. La impresora se «alimenta» con los datos de corte (código G).

\*Software Slicer: suele ir integrado en el sistema de impresión 3D. Como alternativa, puede elegirse un software independiente. Cabe destacar la facilidad de manejo, la visualización sin errores de los datos STL, el cálculo rápido de los datos y la combinación específica de material e impresora.

El software Slicer genera el conjunto de datos para la impresora 3D y forma parte del sistema de impresora 3D (por ejemplo, del sistema de impresora 3D por filamento SIMPLEX de Renfert), lo que simplifica enormemente el trabajo. La coordinación individual entre software, filamento e impresora garantiza unos resultados óptimos, ya que la funcionalidad del software de corte determina en gran medida tanto el resultado de la impresión como el manejo. Ideal para principiantes, se trata de un software que prácticamente controla el proceso de impresión mediante la automatización.

### 4. Dispositivo de impresión: impresora 3D

El software Slicer genera el conjunto de datos para la impresora 3D. Impresión 3D ≠ impresión 3D: las diferencias fundamentales entre las tecnologías de impresión 3D son cruciales a la hora de elegir la impresora adecuada.

3.



Software Slicer



#### Código G

El código G integra toda la información necesaria para la impresión 3D

4.



Impresora 3D  
(p. ej., impresora por filamento)



Modelos acabados





## Proceso de impresión de modelos en 3D

La fabricación aditiva (impresión 3D) comprende una serie de procesos. El material se aplica capa por capa, o el material en polvo se funde con láser. El resultado es un objeto tridimensional. Para aplicaciones dentales, existen también múltiples impresoras 3D con distintos procesos de impresión. Las más comunes son:

- ☑ estereolitografía (SLA),
- ☑ Digital Light Processing (DLP),
- ☑ impresión por filamento/procesos de extrusión (FDM: Fused Deposition Modelling /FFF: Fused Filament Fabrication),
- ☑ proceso de sinterización láser (SLM) (impresión de metales).

Todas ellas tienen algo en común: el modelo se crea capa por capa. En la actualidad, las impresoras que más se utilizan en laboratorios dentales son las SLA **1** o las DLP **2**. El punto de partida es un fotopolímero líquido que se solidifica tras cierto tiempo de exposición. En el proceso de estereolitografía (SLA), un rayo láser endurece de forma selectiva la resina líquida. En cambio, la impresora DLP funciona con un proyector DLP como fuente de luz.

*En estos dos procesos (DLP, SLA), el objeto impreso (resina) debe limpiarse y curarse con luz UV (un postprocesamiento que requiere mucho tiempo).*

Una alternativa cómoda (por ejemplo, para los modelos de ortodoncia) son las impresoras que funcionan según el proceso FDM/FFF: impresoras por filamento **3**. En ellas, el filamento (termoplástico que se moldea en forma de hilo en un rodillo) se calienta y aplica con una extrusora, como si de una pistola de pegamento caliente se tratara.

*Los modelos impresos con filamento no requieren tratamiento posterior, ya que tras la impresión quedan completamente endurecidos y limpios.*

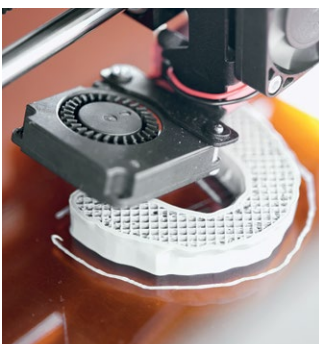
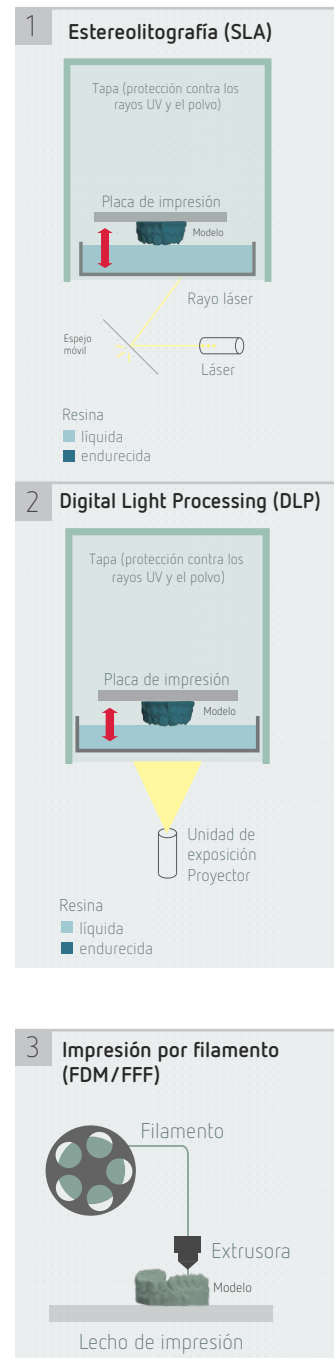


Fig. 3. Impresión por filamento (proceso FDM/FFF)

Fig. 4. Modelos de ortodoncia recién impresos

## Impresión con resina frente a impresión por filamento

Si se comparan las impresoras de filamento (proceso FDM/FFF) con las de resina (proceso SLA/DLP), se ve claramente que ambas tienen sus ventajas e inconvenientes en función de cada aplicación. En la impresión de modelos dentales (por ejemplo, modelos de ortodoncia), la impresora de filamentos conviene por sus ventajas. Para entender mejor los pros y los contras, conviene echar un vistazo a la tecnología de las impresoras, a los materiales y a algunos aspectos prácticos.

### Costes

La horquilla de precios de las impresoras dentales es muy amplia. Oscilan entre los 600 euros y los 40 000 euros, o más. Es posible adquirir una impresora de filamento con un presupuesto comparativamente bajo, pero con un buen equipo (por ejemplo, SIMPLEX). No hay gastos de funcionamiento, salvo el material. Poco a poco, van apareciendo también impresoras de resina a precios económicos. Aunque, en este caso, debe añadirse el coste del dispositivo de limpieza y fotopolimerización.

- ☑ Impresoras de filamento (FDM/FFF):  
precio de adquisición económico y escasos costes de funcionamiento.
- ☑ Impresora de resina (SLA/DLP):  
precio de adquisición más elevado y mayores costes de funcionamiento.

### Precisión

La precisión de los modelos maxilares obtenidos con ambos métodos de impresión dependerá de la impresora y de los parámetros de impresión. La precisión de una impresora de filamento depende, entre otros, de la salida de la boquilla (resolución de las capas de hasta 50 µm). Las boquillas de diámetro pequeño permiten una resolución o precisión muy elevada, como requieren, por ejemplo, los modelos de ortodoncia.

- ☑ Impresión por filamento:  
alta precisión para modelos y herramientas.
- ☑ Impresión con resina:  
puede conseguirse una alta precisión.

### Material de impresión

En el proceso FDM/FFF, un filamento se calienta y funde en una extrusora y se imprime en un lecho de impresión a través de una boquilla. Los materiales de los filamentos pueden variar. Los más frecuentes están hechos de PLA (ácido poliláctico), que se obtiene de materias primas naturales y renovables y es biodegradable. La impresión con resina utiliza resina líquida y sensible a la luz, a menudo en una cubeta de material. En la impresión con resina, es importante tener en cuenta que la resina líquida o parcialmente curada no debe eliminarse por el desagüe o como desecho doméstico. La resina líquida se clasifica como residuo peligroso, por lo que debe eliminarse adecuadamente.

- ☑ Filamentos:  
en su mayoría, están hechos de materias primas renovables
- ☑ Resina:  
plástico de resina fotopolimerizable, ecotoxicológico

### Tratamiento posterior\*

Aquí es donde la impresora de filamento demuestra sus ventajas. Los objetos impresos con resina deben someterse a un tratamiento posterior: limpieza con isopropanol (IPA) y fotopolimerización. Ya existen líquidos sin IPA para la limpieza, pero son relativamente caros. La impresión con filamento no requiere ningún tratamiento posterior.

- ☑ Impresión por filamento:  
sin tratamiento posterior
- ☑ Impresión con resina:  
limpieza, fotopolimerización

\*El tiempo de impresión depende, entre otros, del espesor de la capa. Las capas más gruesas permiten mayores velocidades con menor resolución. Las capas más finas requieren más tiempo de impresión, pero mayor resolución.

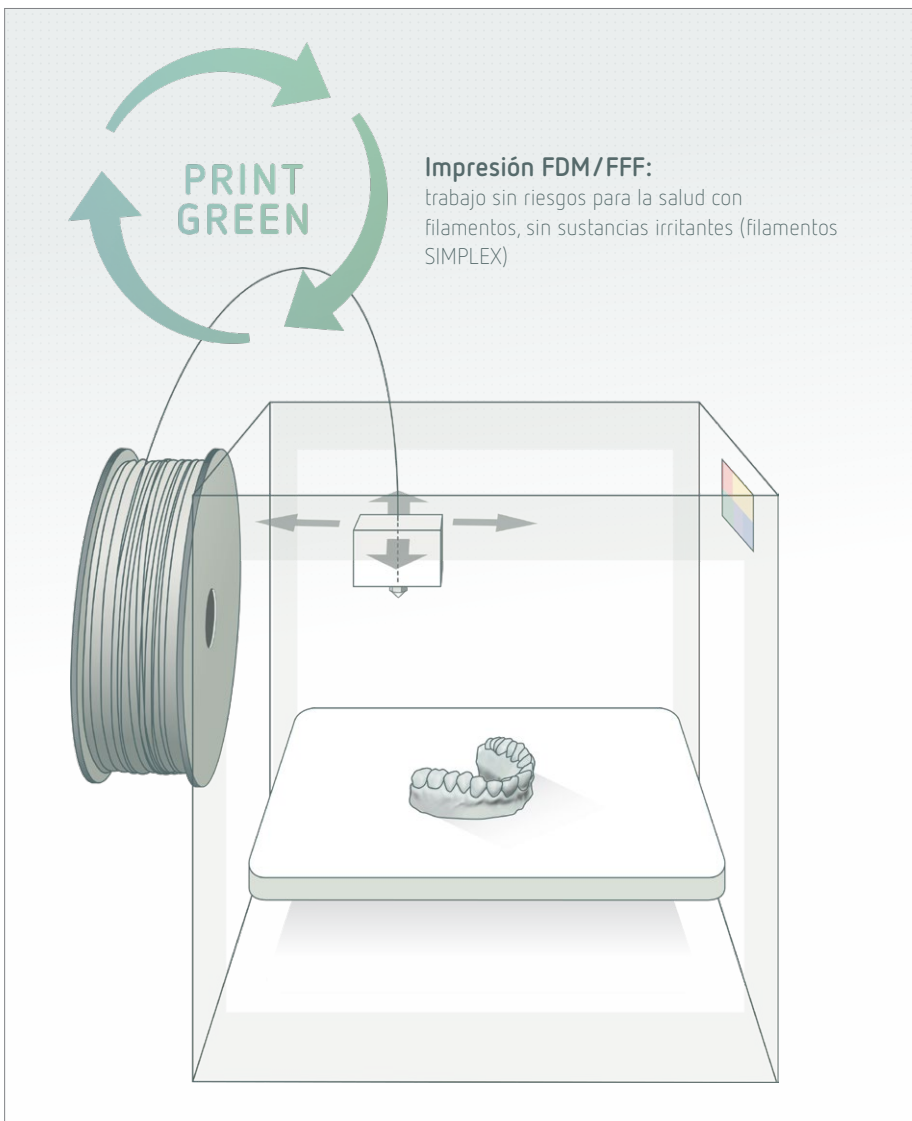


Fig. 5. Filamentos SIMPLEX: hechos de materiales de alta calidad y sin riesgos para la salud (fabricados en Alemania), especialmente para la fabricación de modelos de ortodoncia.

## Olores y vapores

Las impresoras FDM/FFF que utilizan filamentos de PLA apenas emiten vapores. En cambio, en la impresión con resina se producen olores y vapores nocivos. Por ello, si se elige este método, se recomienda utilizar protección respiratoria (equipo de protección) y guantes de nitrilo resistentes a los productos químicos. La resina y los disolventes pueden irritar la piel o provocar en ella reacciones alérgicas. Además, los objetos impresos con resina se limpian con alcohol isopropanol, que también libera vapores. En cambio, en la impresión con filamento (dependiendo del filamento que se utilice), no se forman sustancias nocivas.

- ☑ Impresión por filamento:  
trabajo sin riesgos para la salud con filamentos sin sustancias irritantes (filamentos SIMPLEX)
- ☑ Impresión con resina:  
olores desagradables y químicos durante la impresión y la limpieza (sobre todo isopropanol) no del todo inocua para la salud.



## Impresoras por filamento para la ortodoncia

Las impresoras de filamentos especialmente diseñadas para aplicaciones dentales, como la SIMPLEX de Renfert, presentan múltiples ventajas. Decir de ella que «solo» es una impresora 3D, sería mostrar demasiada modestia. Se trata de un sistema de impresora 3D por filamento para la ortodoncia con un software de corte coordinado, filamentos específicos para modelos de ortodoncia y una impresora precisa. Todo ello perfectamente coordinado con cada indicación (por ejemplo, el modelo de alineador). Los parámetros preestablecidos en el software garantizan gran comodidad y un manejo intuitivo.

### Facilidad de uso

Con la SIMPLEX, iniciarse en la tecnología de impresión 3D resulta extremadamente cómodo y sencillo. «Plug & print», sin conocimientos previos, de forma limpia y sin necesidad de utilizar productos químicos biológicamente nocivos. Además, los modelos impresos no requieren tratamiento posterior. El dispositivo es fácil de manejar, se puede instalar en cualquier sitio, es silencioso y ofrece una alta resolución. Los filamentos especiales de gran calidad cumplen con los requisitos específicos de la ortodoncia. Gracias a los preajustes automáticos, se descarta prácticamente cualquier error de aplicación relacionado con los parámetros.

- ☑ No contiene componentes irritantes
- ☑ El fotocurado no precisa polimerización
- ☑ No se requiere tratamiento posterior con productos químicos
- ☑ Impresión respetuosa con el medio ambiente y la salud
- ☑ Fidelidad de color, resistente a los rayos UV

### Ecológico y sostenible

Los filamentos para imprimir en SIMPLEX se componen en gran parte de materias primas renovables (entre otros, almidón de maíz). No se precisa tratamiento posterior, es decir, no se utiliza isopropanol, e no se utilizan productos químicos lo que se traduce en un mayor respeto por la salud y el medio ambiente. Además, durante el proceso de impresión, no se forman vapores nocivos (emisiones) ni en la clínica dental ni en el laboratorio.

[Más información sobre SIMPLEX: el sistema de impresora 3D por filamento especial para el campo de la ortodoncia](#)



## Visión general del flujo de trabajo: impresión por filamento con SIMPLEX

