

Cómo seleccionar un Inserto Roscado para su ensamble impreso en 3D

por Kathrine lonkin - Ingeniera de aplicaciones
SPIROL Connecticut, USA

Al igual que los ensambles de plástico moldeados por inyección, los Insertos Roscados se utilizan habitualmente en ensambles impresos en 3D para proporcionar roscas reutilizables y mejorar la resistencia de las uniones. Este informe técnico ofrece recomendaciones, directrices de diseño y expectativas de rendimiento para diversos Insertos Roscados utilizados en los procesos de impresión 3D por modelado de deposición fundida (FDM), sinterización selectiva por láser (SLS) y estereolitografía (SLA), que son las tecnologías de fabricación aditiva más relevantes para los ensambles que se benefician de las mejoras de rendimiento que proporcionan los Insertos Roscados.



Figura 1
Inserto largo de la serie 29 de Instalación a Calor/Ultrasonido de SPIROL en un ensamble de yoyo impreso en 3D

Descripción general de la impresión 3D

Extrusión de material: modelado por deposición fundida

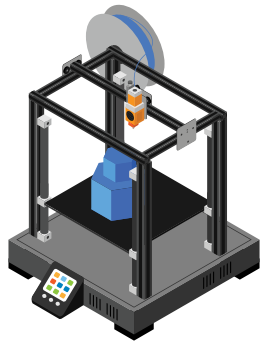


Figura 2
Tecnología de impresora FDM

Fusión de lecho de polvo: sinterización selectiva por láser



Figura 3
Tecnología de impresora SLS

Fotopolimerización VAT: estereolitografía

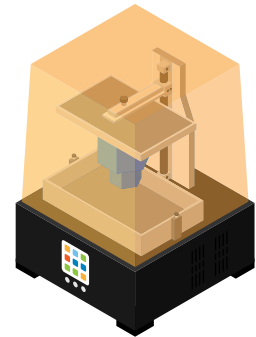


Figura 4
Tecnología de impresora SLA

La impresión FDM consiste en extruir filamentos termoplásticos fundidos a través de una boquilla calentada y construir piezas capa por capa. Es el método de impresión 3D más utilizado debido a su asequibilidad y facilidad de uso. Los materiales comunes para FDM incluyen PLA, ABS y PETG.

La impresión SLS utiliza un láser para fusionar capas de termoplásticos en polvo. Este método es ideal para crear geometrías complejas y produce piezas con excelente resistencia mecánica. El material más común en SLS es el nailon.

La impresión SLA utiliza un láser UV para curar resinas termoendurecibles líquidas capa por capa mediante fotopolimerización. Este proceso produce piezas de alta resolución y precisión.

Recomendaciones sobre Insertos Roscados

Existen varios tipos de Insertos Roscados, que a menudo se clasifican según su método de instalación, como la instalación a calor o ultrasónica posterior al moldeo y la instalación en frío a presión. El tipo de Inserto óptimo para una aplicación de impresión 3D depende del material plástico de la pieza receptora.

Para termoplásticos (FDM y SLS)

Los termoplásticos pueden calentarse y enfriarse varias veces con un cambio mínimo en sus propiedades. Por lo tanto, los Insertos Roscados pueden instalarse en ensambles termoplásticos impresos en 3D utilizando calor (térmico) o ultrasonido, o simplemente pueden presionarse o roscarse en el ensamble:

- Insertos de Instalación Calor/Ultrasonica: recomendados para ensambles que requieren el máximo rendimiento en tracción y par de torsión.
- Insertos a Presión: ofrecen un rendimiento moderado en cuanto a tracción y par de torsión, y son los más fáciles de instalar, ya que no requieren equipo especializado.



Figura 5
Insertos SPIROL Serie 19/20 (arriba) y Serie 29/30 (abajo) de Instalación a Calor/Ultrasonido

Para plásticos termoendurecibles (SLA)

Los plásticos termoendurecibles permanecen sólidos de forma permanente después del curado y se descomponen en lugar de fundirse cuando se someten a altas temperaturas. Por lo tanto, es aconsejable instalar los Insertos Roscados en condiciones «frías»:

- Insertos a Presión: la opción más eficaz para los termoendurecibles.
- Insertos Autorroscantes: una alternativa viable que puede requerir menos fuerza para su instalación, pero que limita el rendimiento del par de torsión de retroceso.
- Insertos de Expansión: los más sencillos de instalar, pero con el menor rendimiento de todos los tipos de Insertos.

Propiedades del material

El rendimiento del Inserto se ve muy influido por las propiedades del material de la pieza receptora.

- Resistencia a la tracción: mide la propiedad del material para resistir la deformación plástica.
- Módulo de flexión: influye en la rigidez del material y en su capacidad para distribuir las fuerzas de flexión, lo que es fundamental para evitar la deformación y garantizar una distribución adecuada de la carga.

Además, las propiedades térmicas afectan el proceso de instalación, ya que los materiales con mayor conductividad favorecen una distribución más uniforme del calor, lo que mejora el flujo del plástico y garantiza un relleno completo alrededor de los elementos de retención, asegurando una unión firme. De igual manera, la temperatura de deflexión térmica de un plástico determinado influirá en la temperatura utilizada para la instalación a calor o ultrasónica del Inserto Roscado.

Directrices de diseño

El rendimiento de un Inserto Roscado en materiales impresos en 3D se ve influido por varios factores clave. En esta sección se presentan las directrices de diseño esenciales, con énfasis en el tamaño del orificio de la pieza receptora, las propiedades del material, el espesor de la pared, el porcentaje de relleno y el espesor de la capa, para garantizar un rendimiento óptimo del Inserto Roscado en aplicaciones de impresión 3D.

Tamaño del orificio

El tamaño del orificio es fundamental para el rendimiento de los Insertos Roscados. El Catálogo de Insertos Roscados de SPIROL proporciona directrices sobre el tamaño de los orificios, pero las tolerancias de la impresión 3D suelen superar los +0,08 mm recomendados. Las tolerancias típicas son las siguientes:

- Impresión FDM industrial: $\pm 0,2$ mm
- Impresoras de escritorio: $\pm 0,3$ - $0,5$ mm
- Impresoras SLA: $\pm 0,1$ mm
- Impresión SLS: $\pm 0,3$ mm

Para mitigar la variación, una opción es perforar orificios en el plástico, lo que reduce la variación, pero puede comprometer el refuerzo en las paredes exteriores impresas con FDM (se analiza más adelante en este Documento Técnico). Alternativamente, se puede realizar un desarrollo iterativo hasta lograr el tamaño óptimo del orificio.

Espesor de la pared

Los Insertos Roscados requieren un espesor de pared sólido suficiente en el área circundante para cumplir con las expectativas de rendimiento. Para un rendimiento óptimo del Inserto, se debe diseñar el número de bucles de la pared exterior de manera que se genere una característica sólida (salida) de al menos 1,5 veces el diámetro del moleteado del Inserto. Para un Inserto Roscado M6, esto se logra con 6 bucles de pared (con un diámetro de boquilla de 0,4 mm). El máximo potencial de rendimiento se alcanza con una salida de al menos 2 veces el diámetro del moleteado del Inserto.

Relleno (solo FDM)

El rendimiento del Inserto aumenta de manera lineal con la densidad de relleno. Para un rendimiento óptimo del Inserto, se recomienda diseñar con una densidad de relleno superior al 50 %.



Figura 6
Insertos a Presión SPIROL Serie 50 (arriba a la izquierda) y 51 (arriba a la derecha) e Inserto Autorroscante SPIROL Serie 10 (abajo)

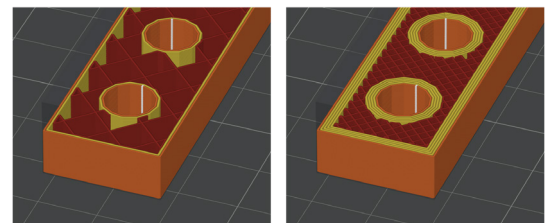


Figure 7
15 % de relleno con 2 bucles de pared (izquierda), 55 % de relleno con 5 bucles de pared (derecha)

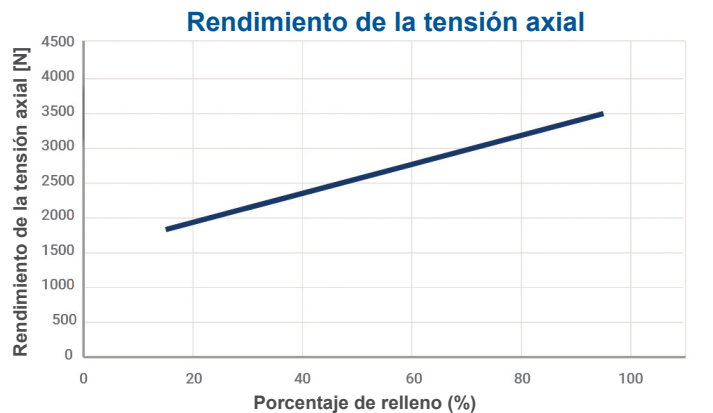
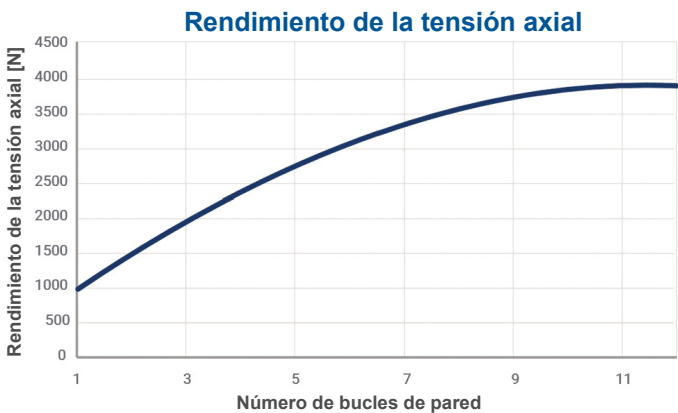
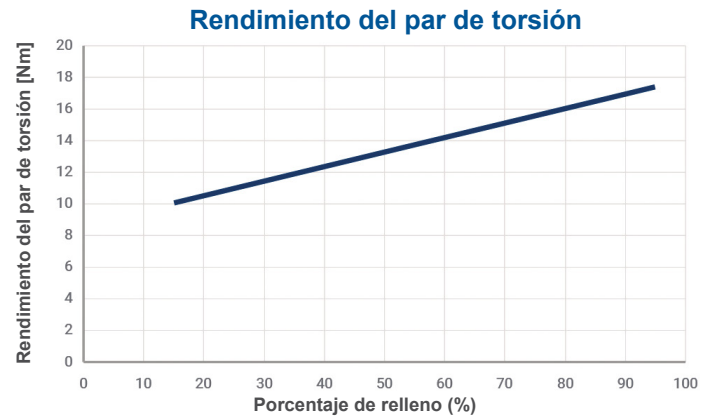
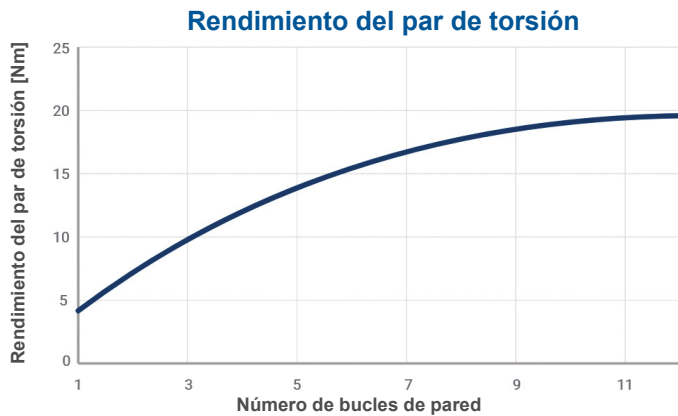


Figura 8

Rendimiento del Inserto en función de los bucles de pared (material PLA, 15 % de relleno, prueba realizada con SPIROL INS 29 M6 corto)

Figura 9

Rendimiento del Inserto en función del relleno (material PLA, 2 bucles de pared, prueba realizada con SPIROL INS 29 M6 corto)

Espesor de capa (FDM, SLS)

En general, las capas más gruesas dan lugar a una unión entre capas más débil, ya que hay huecos más grandes. El mejor rendimiento de la inserción se produce normalmente con un espesor de capa de entre 0,16 y 0,2 mm para FDM y SLS, donde se optimiza la resistencia a la tracción.

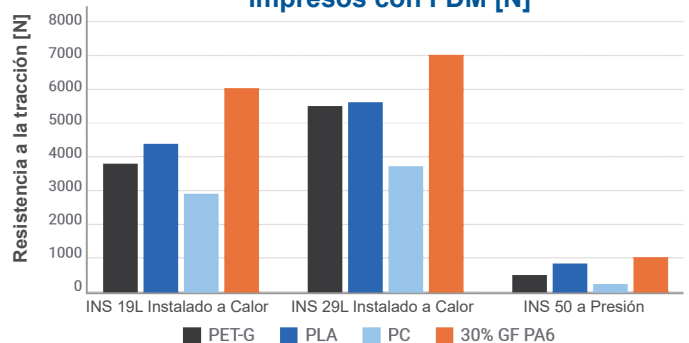
Comparación del rendimiento de los Insertos

Comparemos el rendimiento de tres (3) series diferentes de Insertos Roscados M6: simétricos (SPIROL INS 29 Largo) y asimétricos (SPIROL INS 19 Largo) Instalados por Calor, y un Inserto Roscado a Presión (SPIROL INS 50) en materiales comunes de impresión 3D. Se presentan resultados detallados de pruebas comparativas para componentes impresos con FDM, SLS y SLA. Esta información ayudará a los diseñadores a seleccionar el Inserto Roscado óptimo en función de los requisitos específicos de rendimiento.

Componentes impresos con FDM

Como era de esperar, el rendimiento de los Insertos Roscados Instalados por Calor supera al de los Insertos a Presión en los distintos materiales de impresión 3D. Esto concuerda con el rendimiento en plásticos extruidos.

Rendimiento a la tracción en materiales impresos con FDM [N]



Rendimiento del par de torsión en materiales impresos con FDM [Nm]

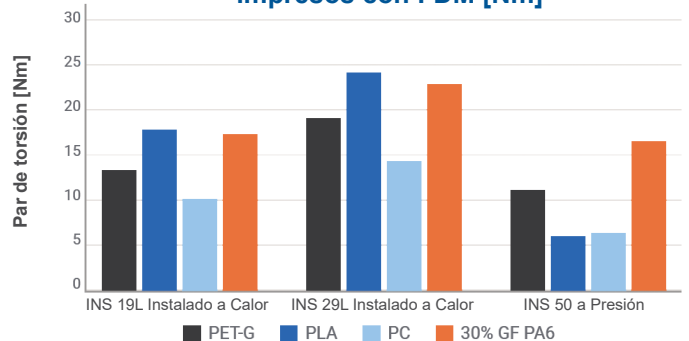


Figura 10

Rendimiento del par de torsión en materiales impresos con FDM (Nm)*

*Las pruebas de las muestras FDM se realizaron con un relleno del 55 % y un espesor de pared de 1,5 veces (5 bucles de pared). Los valores estimados para el rendimiento de los Insertos pueden calcularse a partir de la relación entre el relleno y el rendimiento. El espesor de la capa se mantuvo en 0,16 mm para maximizar la resistencia a la tracción, ya que facilita la deposición fina del material. El ángulo de trama se mantuvo en $\angle 0^\circ$.

Componentes impresos con SLS

A pesar de que los componentes SLS se fabrican con un relleno del 100 % y pueden alcanzar una resistencia mecánica comparable a la de los componentes moldeados o extruidos, la microporosidad puede reducir significativamente el rendimiento de los Insertos.

Componentes impresos con SLA

Dado que los materiales de impresión SLA son principalmente plásticos termoendurecibles, solo los Insertos a Presión pueden utilizarse de forma eficaz, ya que son ideales para la instalación a presión sin calentar el material de la pieza receptora.

Los Insertos Roscados Autorroscantes son una alternativa viable, pero, al atornillarse en el ensamble, su montaje requiere mucho tiempo y pueden salirse si la unión no es permanente. Debido a esta dificultad, los Insertos Roscados Autorroscantes no se incluyeron en este estudio, al igual que los Insertos de Expansión, debido a su bajo rendimiento.

Material	Par de torsión (N*m)	Tensión (N)
Resina	7	40

Tabla 1

Rendimiento del Inserto a Presión de SPIROL (INS 50 / M6 / .312 EK) en resina fotopolimérica transparente

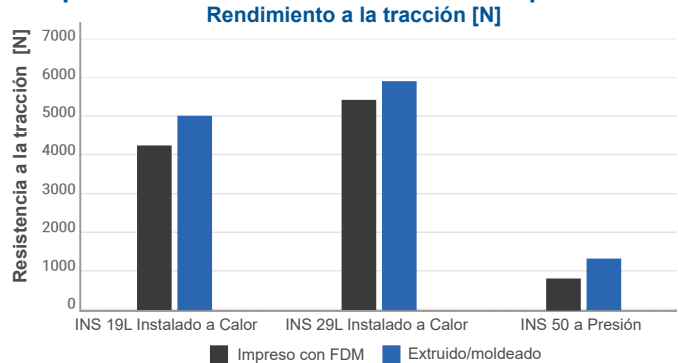
Comparación con los componentes moldeados

Al comparar las diferencias entre los componentes fabricados con métodos de plástico moldeado e impresión 3D, es importante tener en cuenta que un mismo material puede tener propiedades muy variables que afectan al rendimiento del Inserto.

A pesar de la geometría en capas de los componentes impresos con FDM, estos alcanzan un alto rendimiento, especialmente cuando se utilizan Insertos de Instalación a Calor/Ultrasonido. En la Figura 12 se muestra una comparación directa entre el policarbonato (PC) impreso con FDM y el plástico extruido.

Las impresiones SLS son más propensas a sufrir microfisuras y fallos prematuros del Inserto. Los polvos SLS tienden a presentar propiedades materiales más débiles que los plásticos similares para moldeo, a menudo debido a las diferentes composiciones y a la microporosidad de los componentes impresos finales. Dado que las propiedades del material difieren en gran medida, el rendimiento de un Inserto puede ser entre un 20 % y un 50 % inferior al de un plástico extruido.

Comparación del rendimiento de FDM en policarbonato



Comparación del rendimiento de FDM en policarbonato

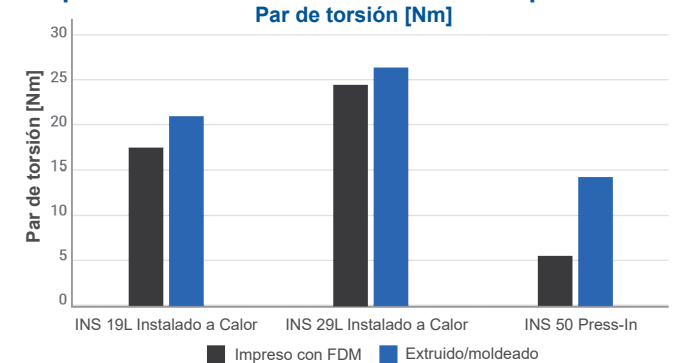


Figura 12

Comparación del rendimiento de FDM y plásticos extruidos/moldeados (FDM: 55 % de relleno y 5 bucles de pared)

*Las pruebas de las muestras FDM se realizaron con un relleno del 55 % y un espesor de pared de 1,5 veces (5 bucles de pared). Los valores estimados para el rendimiento de los Insertos pueden calcularse a partir de la relación entre el relleno y el rendimiento. El espesor de la capa se mantuvo en 0,16 mm para maximizar la resistencia a la tracción, ya que facilita la deposición fina del material. El ángulo de trama se mantuvo en $\angle 0^\circ$.



Figura 13
Soldador

Métodos de instalación para la creación de prototipos

Hasta un 70 % del rendimiento de un Inserto es resultado directo de la calidad de la instalación, especialmente cuando se trata de instalaciones a calor o ultrasonido. La alineación, la temperatura, la presión y el tiempo de soldadura son factores importantes.

Los mejores resultados en los laboratorios de prototipos se obtienen utilizando equipos diseñados específicamente para tal fin.

Para pruebas rápidas o cuando no se dispone de equipos especializados, también se puede utilizar un cautín soldador. Cabe señalar que, al instalar Insertos con un cautín soldador, es preferible que este esté equipado con una punta que se acople al Inserto lo máximo posible. Una buena temperatura de funcionamiento para la instalación con cautín soldador suele estar entre 650 °F y 750 °F (343 °C y 399 °C). Una regla general para determinar la temperatura de instalación por calor directo es añadir un factor de seguridad adicional a la temperatura de deflexión térmica del material en cuestión:

$$T_{\text{instalación}} = T_{\text{deflexión térmica}} + 150^{\circ}\text{F} (65^{\circ}\text{C})$$

La temperatura de deflexión térmica es la temperatura a la que un termoplástico se deforma bajo una carga específica. Aplique una presión constante al Inserto empujando hacia abajo el soldador cuando entre en contacto con el Inserto Roscado.

Para los Insertos a Presión, se debe utilizar una prensa de banco para aplicar una presión constante; en plásticos más blandos, un martillo puede ser una opción de instalación de bajo costo.

Para soluciones de producción de volumen bajo a alto, considere el uso de equipos de instalación semiautomáticos o totalmente automáticos.

Conclusiones

Los Insertos de Instalación a Calor/Ultrasonido proporcionan la mayor resistencia en termoplásticos impresos en 3D, mientras que los Insertos a Presión son una alternativa viable, especialmente para materiales termoestables, en los que la instalación térmica no es factible. Los plásticos termoestables limitan inherentemente las opciones de inserción a los métodos a presión.

Las conclusiones clave indican que el rendimiento de los Insertos Roscados mejora con el aumento de la densidad de relleno y los bucles de pared en la impresión FDM, con resultados óptimos con un espesor de capa de 0,16-0,2 mm, un relleno del 50 % o más y un número de bucles de pared igual o superior al tamaño métrico nominal del Inserto.

Los resultados muestran que, con un relleno y un espesor de pared elevados, los componentes impresos en 3D con FDM tienen aproximadamente entre el 70 % y el 80 % del rendimiento de un material moldeado equivalente. Aunque los componentes SLS presentan una alta resistencia teórica, su microporosidad puede tener aproximadamente entre el 50 % y el 70 % del rendimiento en comparación con los plásticos moldeados.

Póngase en contacto con SPIROL para obtener ayuda a la hora de elegir el Inserto Roscado adecuado para sus diseños de producción y prototipos impresos en 3D. Debido a la variedad de métodos, materiales y parámetros de impresión 3D, los resultados pueden variar, por lo que se recomienda realizar pruebas y evaluaciones exhaustivas para cada ensamble individual.

Centros técnicos

Las Américas
SPIROL México
Apodaca, Nuevo León
+52 81 8385 4390
info-mx@spirol.com

SPIROL International Corporation
Connecticut, EE.UU.
+1 860 774 8571
info@spirol.com

SPIROL División de Laines
Ohio, EE.UU.
+1 330 920 3655
info@spirol.com

SPIROL Canadá
Windsor, Ontario
+1 519 974 3334
info-ca@spirol.com

SPIROL Brasil
Indaiatuba, São Paulo
+55 19 3936 2701
info-br@spirol.com

Europa
SPIROL España
Barcelona
+34 932 71 64 28
info-es@spirol.com

SPIROL Reino Unido
Corby, Northants, Inglaterra
+44 (0) 1536 444800
info-uk@spirol.com

SPIROL Ford
South Shields, Tyne & Wear, Inglaterra
+44 (0) 1914 540141
contactus@ford-engineering.com

SPIROL Francia
Saint-Léonard
+33 (0) 3 26 36 31 42
info-fr@spirol.com

SPIROL Alemania
Múnich
+49 (0) 89 4 111 905 71
info-de@spirol.com

SPIROL República Checa
Tuchoměřice
+420 226 218 935
info-cz@spirol.com

SPIROL Polonia
Varsovia
+48 510 039 345
info-pl@spirol.com

Asia Pacífico
SPIROL China
Shanghái
+86 (0) 21 5046-1451
info-cn@spirol.com

SPIROL Malasia
Iskandar Puteri, Johor
+60 77 063 960
info-my@spirol.com

SPIROL Corea
Seúl, Corea del Sur
+82 (0) 10 9429 1451
info-kr@spirol.com