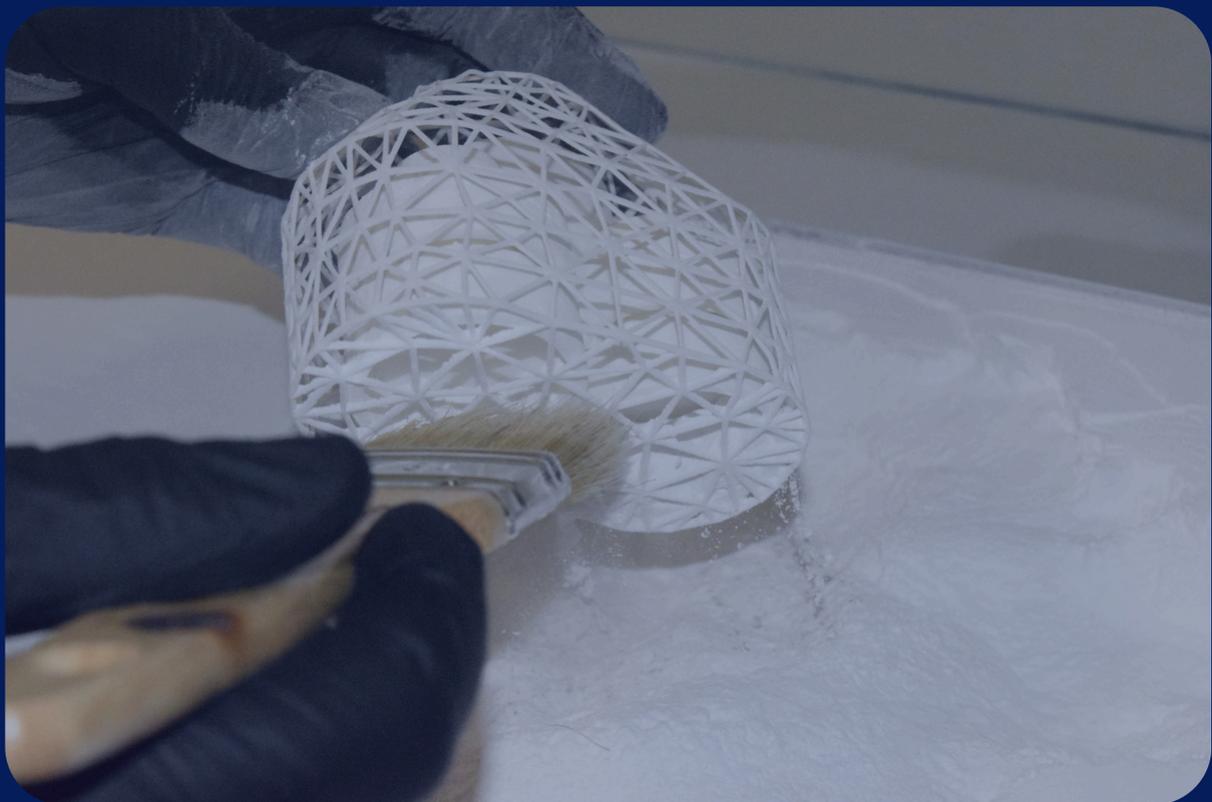


2025

Tecnología SLS con PA12

Guía Técnica

Guía técnica sobre la tecnología SLS con PA12, enfocada en la fabricación de piezas funcionales con alta precisión y resistencia. Incluye fundamentos del proceso, propiedades del material y recomendaciones de diseño para entornos industriales.



1. Introducción al SLS

El sinterizado selectivo por láser (SLS) es una de las tecnologías más robustas, precisas y versátiles dentro del ámbito de la fabricación aditiva. Su funcionamiento se basa en la fusión selectiva de polvo termoplástico mediante un láser de alta potencia, capa a capa, hasta formar una pieza sólida tridimensional. A diferencia de otras tecnologías como FDM o SLA, el SLS no requiere estructuras de soporte externas, ya que el propio polvo no sinterizado cumple esa función de manera natural durante todo el proceso. Esto habilita la producción de geometrías altamente complejas, ensamblajes móviles y cavidades internas inaccesibles por métodos convencionales, con una libertad de diseño prácticamente ilimitada.

Gracias a su equilibrio entre precisión dimensional, resistencia mecánica y repetibilidad, el SLS es ampliamente utilizado en sectores que exigen altos estándares técnicos, como la automoción, la industria aeroespacial, los dispositivos médicos y los productos de consumo. Su capacidad para fabricar tanto prototipos funcionales como piezas finales con propiedades comparables a las obtenidas por moldeo por inyección, lo convierte en una opción ideal para tiradas cortas, personalización de componentes o validación de diseño antes de industrialización. La combinación de rendimiento, flexibilidad y fiabilidad hace del SLS una solución de referencia en la transformación digital de procesos productivos.

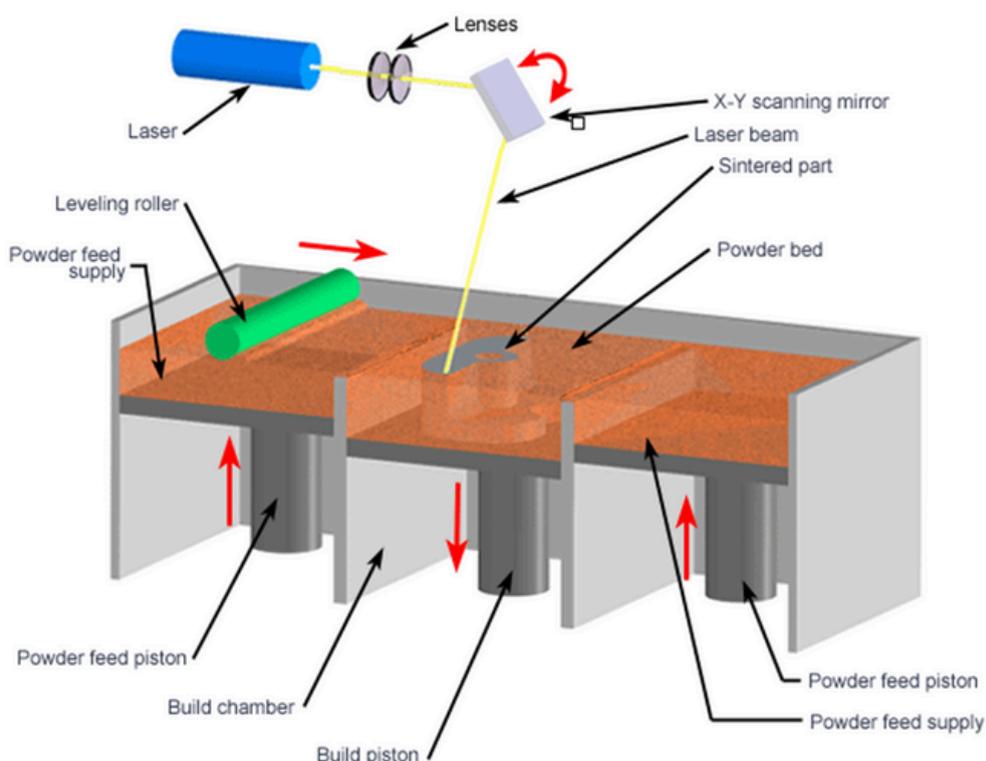


2. Cómo funciona

El proceso de sinterizado selectivo por láser (SLS) comienza con la deposición de una capa muy fina de polvo termoplástico —habitualmente PA12— sobre una plataforma de construcción previamente calentada a una temperatura cercana al punto de fusión del material. A continuación, un láser de alta potencia escanea la geometría de la sección transversal de la pieza, fundiendo selectivamente el polvo en las zonas donde se desea formar material sólido.

Una vez finalizada cada capa, la plataforma desciende una altura equivalente al grosor de capa definido (normalmente entre 80 y 120 micras), y se aplica una nueva capa uniforme de polvo mediante un rodillo o cuchilla. Este ciclo se repite de forma continua, capa a capa, hasta que se completa la geometría tridimensional de la pieza.

Al finalizar el proceso, las piezas quedan completamente encapsuladas dentro del volumen de polvo no sinterizado, que ha actuado como soporte térmico y estructural durante toda la fabricación. Este polvo sobrante debe retirarse manual o mecánicamente mediante aspiración, cepillado o chorreado. Además, se requiere un enfriamiento progresivo y controlado —normalmente dentro de la misma cámara de impresión— para evitar deformaciones o tensiones internas que puedan comprometer la precisión dimensional o las propiedades mecánicas de la pieza final.



3. Material – PA12 (Poliamida 12 / Nylon SLS)

Las piezas fabricadas mediante sinterizado selectivo por láser (SLS) en PA12 presentan una alta resistencia mecánica, buena rigidez y excelente estabilidad dimensional. Este material se emplea ampliamente en aplicaciones industriales donde se requieren piezas funcionales con geometrías complejas, buena tolerancia y durabilidad.

Gracias a su resistencia a impactos, estabilidad térmica y baja absorción de humedad, el PA12 es una solución fiable para prototipos funcionales, utillajes, componentes técnicos o series cortas de piezas finales.

Propiedades de la pieza final:

Resistencia a tracción: 40–52 MPa

Módulo elástico: 1450–1840 MPa

Alargamiento a rotura: 8–36 %

Resistencia a flexión: hasta 60 MPa

Módulo a flexión: 1200–1380 MPa

Densidad sinterizada: 0.95–1.03 g/cm³

HDT @1.8 MPa: hasta 83 °C

Absorción de agua: <1 %

Las propiedades pueden variar ligeramente en función de la geometría, orientación de fabricación y condiciones de impresión.



4. Aplicaciones industriales

La tecnología SLS con PA12 permite fabricar piezas robustas, precisas y funcionales que pueden utilizarse directamente en entornos industriales sin necesidad de modificaciones ni posprocesos adicionales. Gracias a su elevada resistencia mecánica, estabilidad dimensional y tolerancia a agentes químicos y térmicos, es una solución muy valorada para sustituir métodos tradicionales como el mecanizado o el moldeo por inyección, especialmente en volúmenes bajos o cuando se requieren diseños personalizados.

Las aplicaciones más comunes incluyen:

- **Piezas funcionales y prototipos mecánicos**, donde se necesita validar ensamblajes, esfuerzos mecánicos o condiciones de uso reales.
- **Utillajes técnicos, plantillas de montaje y elementos de fijación**, diseñados a medida para procesos de fabricación, control o ensamblado.
- **Repuestos industriales personalizados** o bajo demanda, permitiendo la reposición rápida de componentes sin necesidad de moldes o stock físico.
- **Carcasas, alojamientos, conectores, conductos y piezas con formas complejas**, difíciles de fabricar por métodos convencionales.

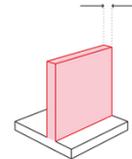
Además, la alta precisión y repetibilidad del proceso SLS hacen que el PA12 sea una alternativa competitiva al moldeo por inyección en series cortas o en piezas donde la personalización, la complejidad geométrica o la velocidad de producción son factores clave.



5. Consideraciones de diseño para SLS con PA12

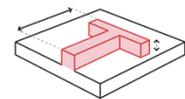
Diseñar correctamente para SLS es clave para conseguir piezas fiables y con las propiedades mecánicas esperadas. A continuación, se detallan las recomendaciones esenciales para el diseño en SLS:

Grosor mínimo de pared (wall thickness)



Se recomienda un mínimo de 1 mm para lograr estabilidad y resistencia suficiente. Espesores mayores aportan rigidez pero pueden generar tensiones internas; espesores menores (<1 mm) reducen durabilidad y pueden deformarse con el tiempo

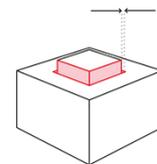
🔍 Detalles grabados o en relieve



Para grabados: grosor mínimo de 0.8-1.0 mm y profundidad de 1.0 mm o más.

Para relieves: altura mínima de 0.8 mm, idealmente mayor, para evitar roturas durante impresión o manipulación.

↔ Tolerancias entre piezas móviles o ensamblajes

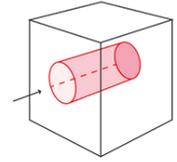


Holguras mínimas recomendadas entre piezas: 0.5-0.6 mm para permitir movimiento sin fusión accidental y permitir evacuación de polvo.

Para encajes tipo press-fit, se puede considerar una holgura menor (\approx 0.3 mm), pero debe evaluarse según geometría y densidad de sinterizado.

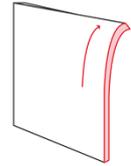
Para **bisagras integradas (living hinges)**, considera grosor de caña entre 0.3-0.8 mm y una longitud mínima de la bisagra de 5 mm para funcionalidad fiable

● **Agujeros interiores y canales para evacuación de polvo**



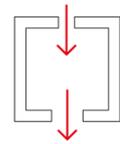
Los agujeros deben tener un diámetro mínimo de 1 mm, aunque 1.5 mm es más seguro para evitar fusión parcial durante impresión. Para canales internos más largos o complejos, se recomienda un diámetro mínimo de 3 mm (idealmente 5 mm) y múltiples puntos de evacuación para asegurar eliminación de polvo de forma efectiva.

🏗️ **Superficies planas**



Evita superficies planas extensas ya que tienden a deformarse durante el enfriamiento. En su lugar, diseña refuerzos (costillas) o ligeras curvaturas para mejorar la estabilidad dimensional .

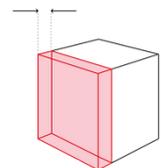
● **Escape holes (orificios de evacuación de polvo)**



Cuando se diseñan piezas huecas en SLS —ya sea para aligerar peso, reducir coste o evitar deformaciones— es fundamental permitir la evacuación del polvo no sinterizado del interior de la geometría. Para ello, deben incorporarse escape holes, u orificios de salida.

- Se recomienda diseñar al menos dos orificios de evacuación por cavidad interna para asegurar una limpieza eficiente.
- El diámetro mínimo recomendado para cada orificio es de 4 mm. Orificios menores pueden obstruirse o dificultar el vaciado completo del polvo.
- La disposición debe facilitar el flujo de aire y permitir un acceso sencillo durante la limpieza posterior.
- En piezas de mayor volumen o geometrías complejas, se aconseja aumentar el número o el tamaño de los orificios.

📏 **Tolerancias dimensionales**



La precisión típica es del orden de $\pm 0.3\%$ de la dimensión nominal, con un mínimo absoluto de ± 0.3 mm, lo que permite reproducibilidad industrial de piezas pequeñas y medianas.

6. Posprocesado y acabados

Las piezas fabricadas mediante sinterizado selectivo por láser (SLS) presentan de forma natural una superficie ligeramente rugosa, con una textura mate homogénea resultado de la fusión del polvo capa a capa.

Aunque este acabado es funcional y adecuado para muchas aplicaciones, existen distintos tratamientos que pueden aplicarse tras la impresión para mejorar la estética, el tacto o la precisión dimensional.

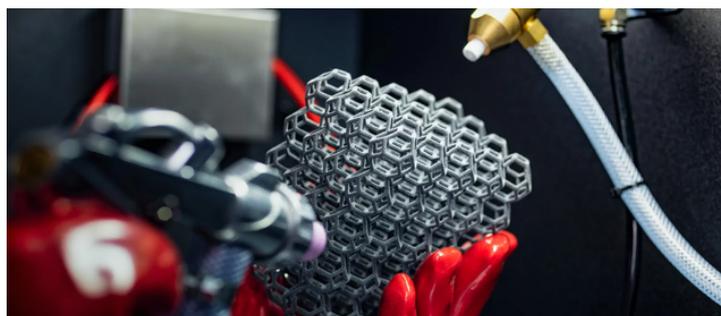
Por defecto, **todas las piezas se entregan con acabado arenado y teñidas en color negro mate**, garantizando una presentación profesional, uniforme y lista para uso técnico o montaje.

Este tratamiento permite homogeneizar el aspecto final, reducir la rugosidad superficial y ofrecer una estética neutra y robusta, adecuada para entornos industriales y funcionales.

Otros posprocesos opcionales (no incluidos por defecto) que pueden aplicarse bajo demanda incluyen:

- Pulido mecánico (tumbling): para suavizar aún más la superficie en piezas pequeñas o con formas simples.
- Pintado, lacado o sellado superficial: mejora estética y añade protección frente a humedad o productos químicos.
- Inserción de elementos metálicos: como roscas, casquillos o ejes, previa preparación del diseño para su alojamiento.
- Mecanizado secundario: para zonas críticas donde se requiera mayor precisión dimensional o ajustes posteriores.

La selección del acabado final depende del uso previsto, los requisitos estéticos del cliente y las condiciones de servicio de la pieza. En la mayoría de aplicaciones, el acabado arenado y negro mate ofrece un equilibrio excelente entre apariencia, durabilidad y coste.



7. Ventajas de las piezas en SLS con PA12

Las piezas fabricadas mediante sinterizado selectivo por láser (SLS) con material PA12 ofrecen una combinación óptima de rendimiento técnico, libertad de diseño y fiabilidad en entornos industriales. Esta tecnología permite fabricar componentes listos para su uso funcional, con un equilibrio excepcional entre precisión, resistencia y versatilidad.

Principales ventajas:

- **Diseño sin restricciones geométricas**

El polvo actúa como soporte natural, permitiendo fabricar piezas con voladizos, cavidades internas, canales cerrados o mecanismos ensamblados, sin necesidad de estructuras adicionales.

- **Excelente comportamiento mecánico**

Las piezas resultan rígidas, resistentes al impacto y con buena tolerancia a esfuerzos mecánicos, lo que las hace aptas para uso estructural, soportes técnicos o ensamblajes funcionales.

- **Buena resistencia térmica y química**

Soportan temperaturas moderadamente elevadas y presentan una baja absorción de humedad, siendo aptas para entornos industriales exigentes y aplicaciones técnicas prolongadas.

- **Precisión y repetibilidad**

El proceso SLS garantiza tolerancias ajustadas ($\pm 0,3$ %) y una alta repetibilidad entre piezas, lo que facilita su integración en sistemas mecánicos, carcasas o conjuntos de montaje.

- **Producción sin utillajes**

Permite fabricar desde una sola unidad hasta series cortas sin costes de moldes ni preparación, reduciendo plazos de desarrollo y permitiendo iteraciones rápidas.

Este conjunto de ventajas convierte al SLS con PA12 en una solución ideal para empresas que buscan rapidez, calidad y fiabilidad en la fabricación de piezas técnicas sin depender de procesos convencionales.

8. Condiciones de servicio

El servicio de fabricación mediante tecnología SLS se organiza según el volumen de la pieza, permitiendo adaptar los plazos de entrega a las necesidades del cliente y a la capacidad productiva disponible. Se distinguen tres rangos operativos:

- **Servicio EXPRESS (< 72 horas):**

Todas las piezas cuyo volumen se inscriba dentro de un cubo de 150 × 150 × 150 mm pueden ser solicitadas en servicio **EXPRESS**, con un plazo de entrega inferior a 72 horas desde la validación del archivo.

Este servicio conlleva un sobrecoste adicional respecto al precio de tarifa habitual.

- **Servicio STANDARD (7 días):**

Las piezas con volumen superior a 150 × 150 × 150 mm y hasta un máximo de 300 × 300 × 300 mm se fabrican bajo el servicio STANDARD, con un plazo de entrega habitual de hasta 7 días naturales desde la confirmación del pedido.

- **Piezas de gran formato (> 300 mm en alguna dimensión):**

Para piezas que superen los 300 mm en al menos uno de sus lados, será necesario realizar una consulta previa a través de nuestra plataforma para valorar la viabilidad técnica y confirmar el plazo estimado de entrega. Este tipo de proyectos se consideran fuera de ciclo estándar.

Estas condiciones permiten ofrecer un servicio flexible, ágil y con distintos niveles de prioridad según las necesidades del cliente y el tipo de pieza solicitada.