



# Manufactura aditiva y moldeado por inyección

Comparar, contrastar y  
considerar las oportunidades

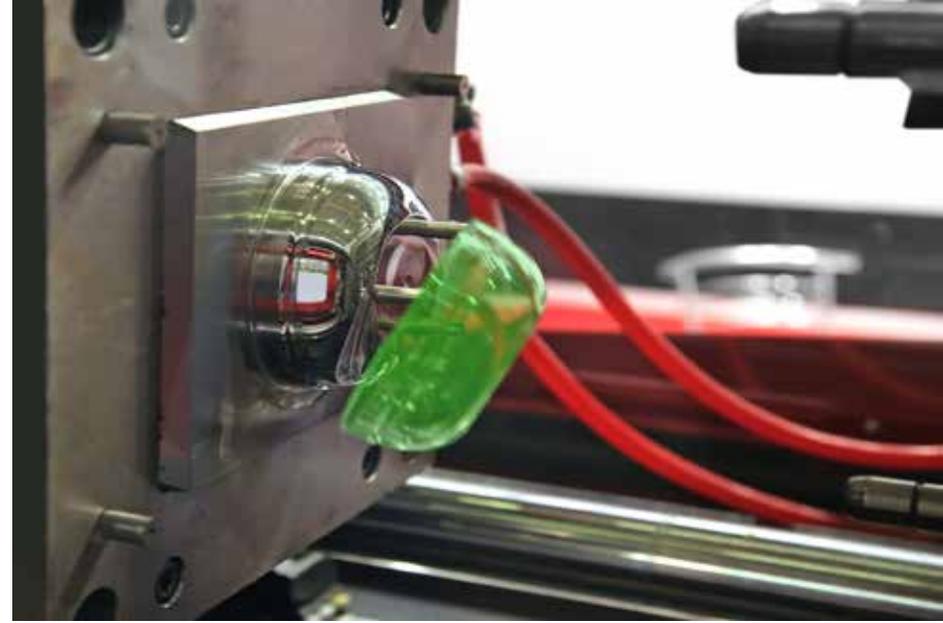
La impresión 3D, también denominada manufactura aditiva, se considera a menudo un proceso de manufactura que compite, o al menos intenta competir, con el proceso más consolidado de moldeado por inyección para la producción de piezas de plástico. En realidad, hay algo de valor en esta narrativa, porque para algunas aplicaciones la manufactura aditiva puede ser una buena alternativa. Esto se debe a que las tecnologías y materiales de impresión 3D industrial han evolucionado, y continúan evolucionando, hacia procesos de producción que pueden producir mayores volúmenes de piezas de manera más eficiente y rentable. Esta competencia es buena, hasta cierto punto. Sin embargo, no todo tiene por qué considerarse competitivo, y entre estos dos procesos de manufactura, existe en realidad una cierta complementariedad. Y, seamos realistas, para volúmenes muy altos de piezas de plástico (cientos de miles), la manufactura aditiva todavía no está en el mismo estadio que el moldeado por inyección.

La impresión 3D se acepta desde hace tiempo como una herramienta vital en las fases de desarrollo de productos: permite iteraciones de diseño rápidas y decisiones de ingeniería incisivas. Sin embargo, la mayoría de los equipos de manufactura dejan la tecnología en la fase de desarrollo, solo como una herramienta de prototipado.

Cuando eso sucede, lo más seguro es que se esté pasando por alto una oportunidad. Las tecnologías de impresión 3D han avanzado tanto en potencial como en capacidad, lo que significa que para aplicaciones de volumen bajo o medio y variado pueden competir directamente con el moldeado por inyección o pueden permitir un moldeado por inyección más eficaz mediante la producción de los moldes.

Este artículo tiene como objetivo considerar el alcance de ambos procesos, sus ventajas (y desventajas) para la producción y dónde son realmente complementarios entre sí.

# El panorama general



En primer lugar, vale la pena echar un vistazo rápido al panorama de cada uno de estos procesos de manufactura dentro del contexto más amplio del sector manufacturero mundial. En cuanto a esto último, una fuente cita que el valor de la producción manufacturera mundial en 2022 será de 44,5 billones de dólares y predice que descenderá a 44,3 billones en 2023 (debido a los bien documentados problemas tras la pandemia y a los efectos de la guerra en Ucrania). Probablemente sea mejor no tomar estos números como valores absolutos; sin embargo, para fines ilustrativos y como una estimación, funcionan lo suficientemente bien como referencia para los subsectores específicos de moldeo por inyección y manufactura aditiva.

Ambos subsectores manufactureros tienen valoraciones muy diferentes. GM Insights cita que "el mercado de plásticos moldeados por inyección obtuvo más de 300 mil millones de dólares en 2022 ... [y] la industria será testigo de una CAGR del 3,5 % de 2023 a 2032". Esto coincide con el análisis de Grand View Research que señala que "el tamaño del mercado mundial de plásticos moldeados por inyección se valoró en 284,7 mil millones de dólares. Se espera que se expanda a una tasa de crecimiento anual

compuesta (CAGR) del 4,2 % durante el período de pronóstico [hasta 2030]". Un análisis más conservador se presenta en un informe reciente de Research & Markets, que afirma lo siguiente: "Se estima que el mercado mundial del moldeo por inyección está valorado en 187,7 mil millones de dólares." ¡Al menos se precisa que se trata de una estimación!

También hay variaciones similares en el valor del sector de la manufactura aditiva, dependiendo de dónde se mire. Esta vez, Research & Markets no es tan conservador y dice que: "El mercado global de la manufactura aditiva y los materiales tiene un valor estimado de 40,4 mil millones de dólares y se proyecta que alcance un tamaño revisado de 196,6 mil millones para 2030, creciendo a una TCAC de 21,9 % durante el período de análisis. Se proyecta que el plástico registre una TCAC del 22,3 % y alcance los 118,2 mil millones de dólares al final del período de análisis. Un informe más reciente de Market Watch afirma que "el mercado global de la manufactura aditiva y los materiales se valoró en 16,07 mil millones de dólares... y se espera que registre una TCAC del 25,7 % durante el período de pronóstico". Por otro lado, según SmarTech Analysis, el informe que publicaron recientemente afirma de manera aún más conservadora que la industria de

la manufactura aditiva creció un 23 % alcanzando los 13,5 mil millones, pero proyecta que crecerá hasta los 25 mil millones para 2025.

El informe Wohlers más reciente también señala un fuerte "crecimiento de la industria de la manufactura aditiva del 19,5 %" y actualmente valora el sector en 18 mil millones de dólares, con fuertes proyecciones de crecimiento.

Si tomamos los valores medios (243 mil millones de dólares para moldeo por inyección y 26,95 mil millones para manufactura aditiva), es inmediatamente obvio que el sector moldeo por inyección es casi 10 veces más grande que el sector de manufactura aditiva hasta el día de hoy. Sin embargo, si las predicciones (sorprendentemente consistentes) para las tasas de crecimiento de cada subsector siguen siendo precisas, la manufactura aditiva cerrará la brecha significativamente durante la próxima década más o menos. Asimismo, parece pertinente señalar que las cifras de moldeo por inyección se centran únicamente en los plásticos, mientras que las de manufactura aditiva incluyen todos los tipos de materiales, por lo que la diferencia es en realidad mayor de lo que parece a primera vista, dentro del ámbito de este documento.

# De un vistazo Moldeado por inyección vs. manufactura aditiva

El moldeado por inyección es un proceso líder para la manufactura de productos y componentes plásticos. Es ampliamente utilizado para la producción en masa de piezas idénticas con tolerancias estrictas (típicamente de 50 a 100 micras) y acabados superficiales superiores. Para grandes volúmenes, es un proceso rentable, preciso y repetible que produce piezas de alta calidad para la producción de grandes series en una amplia gama de materiales.

Las tecnologías de impresión 3D industrial ofrecen cada vez más alternativas de producción viables para los fabricantes de productos plásticos, y algunos compiten extremadamente bien en acabado de superficie y tolerancias (generalmente de 50 a 300 micras). Además, la impresión 3D presenta una serie de ventajas clave sobre el moldeado por inyección porque es un proceso totalmente sin herramientas que también proporciona una flexibilidad sin precedentes cuando se trata

de diseño, tanto en términos de geometrías complejas como de consolidación de piezas. Esta flexibilidad también facilita iteraciones de diseño de bajo costo antes de la producción completa, durante la producción o para futuras generaciones de productos.



# Consideraciones

Como cualquier equipo de manufactura sabe, hay preguntas fundamentales que deben hacerse y responderse para cualquier nuevo proyecto de desarrollo de productos. Dejando de lado la fase de desarrollo, las siguientes preguntas se refieren a la producción y la selección de procesos. Es probable que los equipos de manufactura experimentados tengan una idea de la ruta que tomarán, tal vez incluso estén predispuestos a un proceso existente. ¿O los equipos de manufactura podrían abordar estas preguntas con miras a desafiar el status quo?

El punto de partida para determinar el proceso de manufactura más adecuado para cualquier producto o componente, como siempre ha sido, es la aplicación.

## 1. ¿Qué tan sencilla o compleja es la pieza?

La respuesta a esta pregunta puede orientar directamente la selección del proceso de manufactura. Y, sin embargo, probablemente ya te hayas dado cuenta de que no siempre es tan obvio como:

- partes simples equivale a moldeado por inyección
- piezas complejas equivale a impresión 3D.

¿Cuándo hay algo que sea tan sencillo?

Es cierto que el moldeado por inyección es particularmente adecuado para diseños sencillos y piezas con espesores de pared consistentes. Dicho esto, el moldeado por inyección no excluye la complejidad y puede acomodar piezas con rebajes y características intrincadas. Sin embargo, esto tiene un precio,

ya que a medida que aumenta la complejidad de la pieza, también lo hace la complejidad de las herramientas necesarias para moldear las piezas por inyección. Esto añade importantes costos iniciales a la producción. Sin embargo, una vez que la herramienta está preparada y lista para funcionar, la producción puede comenzar de inmediato en el lugar de manufactura.

Sin embargo, existe un gradiente de complejidad definido para el moldeado por inyección que debe tenerse en cuenta: si esta aumenta demasiado, los costos pueden llegar a ser exorbitantes. Si se va más allá, se alcanza un límite y se vuelve imposible.

No es ningún secreto que la impresión 3D puede producir piezas que son demasiado caras o imposibles con el moldeado por inyección: es uno de los muchos beneficios bien documentados de la tecnología aditiva. También es el argumento más utilizado para hacer de la impresión 3D una tecnología de manufactura "competitiva". El argumento no carece de mérito: no es difícil encontrar ejemplos de geometrías complejas, como celosías, canales internos, voladizos, paredes gruesas o reforzadas y secciones huecas, que los sistemas industriales de impresión 3D pueden producir y con las que el moldeado por inyección tiene dificultades.

Esta capacidad ofrece innumerables oportunidades para que los diseñadores reduzcan el peso, incorporen características ergonómicas y agreguen logotipos e identificación de piezas, por nombrar algunas ventajas.

El tamaño de una pieza también es una cuestión fundamental para determinar cómo se producirá. Curiosamente, tanto el moldeado por inyección como la impresión 3D funcionan de manera óptima en el rango de tamaño de pieza pequeña y mediana. Para la impresión 3D, la limitante son los volúmenes de construcción. Sin embargo, las piezas grandes pueden construirse en secciones más pequeñas y ensamblarse después de la construcción. Para el moldeado por inyección, nuevamente, el tamaño de la máquina puede limitar el tamaño de la pieza, pero los moldes se pueden hacer en múltiples piezas para producir piezas que luego se pueden ensamblar. Por lo tanto, ambos procesos pueden acomodar tamaños de productos más grandes, pero esto conlleva compensaciones en términos de ensamblaje posterior adicional y considerables penalizaciones de tiempo y costos.

## 2. ¿Cuántas piezas se necesitan en total?

Es aquí donde radica el interés.

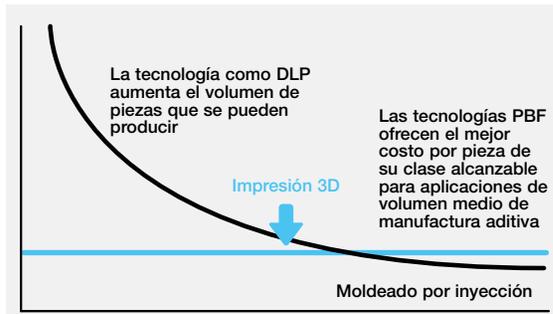
Se ha demostrado que el moldeado por inyección, durante muchos años, es altamente rentable para volúmenes altos y muy altos de productos. También es un hecho que la impresión 3D ni siquiera puede comenzar a competir a este nivel. Pero, ¿qué es exactamente "este nivel"? Por experiencia, es fácil perderse en los detalles cuando se trata de poner números específicos en volúmenes bajos, volúmenes medios y volúmenes altos de producto. Existen variaciones significativas dependiendo de cómo se intente contextualizarlo y entre diferentes fuentes de investigación (sector industrial, aplicaciones dentro de ese sector, procesos de manufactura, etc.; incluso entre proveedores de servicios que ofrecen varios procesos de manufactura diferentes).

Usando una serie de fuentes y un poco de sentido común, se sugieren un conjunto aproximado pero sensato de límites generales como se indica a continuación:

Bajo volumen: <1000 piezas.

Volumen medio: 1000-100.000 piezas.

Alto volumen: >100.000 piezas



El gráfico anterior es una curva de costos generalizada de la impresión 3D frente al moldeado por inyección. El eje x representa el número de piezas y el eje y el costo por pieza. En la intersección y más adelante en el eje x, el moldeado por inyección es el más rentable. La razón por la que este gráfico no tiene números es porque los números en esa intersección han cambiado mucho en la última década, y siguen cambiando a medida que la intersección se desplaza hacia abajo en la curva. Para reiterar, siempre depende de la aplicación, pero las capacidades del proceso y la capacidad de la impresión 3D siguen mejorando. Los ciclos de producción de decenas de miles para pequeñas aplicaciones de productos de plástico con impresión 3D son comunes hoy en día. Se pueden encontrar

ejemplos en los sectores dental, médico y de manufactura en general (armarios y accesorios, etc.).

Esto lleva a algunas consideraciones complementarias para los requisitos de volumen que pueden tener un gran impacto en los costes, la logística y, sí, la sostenibilidad:

2a. ¿Se requieren piezas de una sola vez o durante varios meses o años?

Usemos un ejemplo genérico de una pieza pequeña con complejidad media. Si esta pieza se necesita en gran volumen (> 100.000), en un solo ciclo de producción, hemos establecido que la impresión 3D no competirá bien con el moldeado por inyección. Sin embargo, si se requiere un enfoque más ágil de la producción con volúmenes medios de un producto similar pero durante un periodo de tiempo más largo, la impresión 3D puede volver a convertirse en una opción viable para suministrar la producción bajo demanda y reducir en gran medida la acumulación de existencias y el inventario.

Si, por ejemplo, se requieren 60.000 de estas piezas durante un periodo de 12 meses, se pueden producir en un solo ciclo con moldeado por inyección, o se pueden producir en una serie de 5000 piezas por mes (o según sea necesario) con impresión 3D.

Lo que nos lleva a lo siguiente:

2b. ¿Cuándo y dónde necesita sus piezas? Una vez más, esta pregunta se refiere a la

agilidad en la producción, tanto en términos de dónde se producen las piezas como de cómo se distribuyen. En lugar de producir 60.000 piezas en un solo lugar (lo que dicta el moldeado por inyección) y distribuir las globalmente, la impresión 3D es un proceso digital, lo que permite que las piezas se produzcan en las cantidades requeridas en el lugar donde se necesitan. Esto tiene implicaciones de costos, ya que puede reducir significativamente los costos de envío y, al mismo tiempo, tener un impacto ambiental positivo. Un último punto sobre esto, localizar la producción de esta manera y acercarla a los mercados y clientes también contribuye a mitigar los riesgos de la cadena de suministro.

### 3. Costo por pieza

Este es un punto clave. Posiblemente el más importante. Pero aún debe considerarse en el contexto de los puntos anteriores.

Una de las enormes ventajas de los procesos de impresión 3D es que son procesos sin herramientas. La producción del molde de la herramienta para el moldeado por inyección es costosa y requiere mucho tiempo, y todo se hace por adelantado. Y aquí está el punto crítico: el moldeado por inyección requiere una gran inversión de capital inicial para que se lleve a cabo la producción. Como se describió anteriormente, la impresión 3D para producción permite un modelo de negocio de pago por uso, especialmente si se trabaja con un fabricante por contrato, pero también si la producción es interna.

Aquí es donde entran en juego los volúmenes, porque para los más altos el rendimiento de la inversión en moldeado por inyección en términos del costo por pieza puede ser dramático: el costo de la herramienta de moldeo es estático y, por tanto, cuanto

mayores sean los volúmenes de piezas producidas a partir del molde, menor será el costo por pieza. Con la impresión 3D, los costos serán uniformes desde la pieza 1 hasta la pieza 20.000+ (la tabla anterior, en la sección de volumen, también ilustra este punto).

La siguiente tabla también ofrece una visión general de las comparaciones de precios para algunas piezas específicas y cuándo y cómo la impresión 3D, con tecnología SAF, puede competir con éxito.

## Comparación de costos de piezas: moldeado por inyección vs. SAF

	Nombre de la pieza	Dimensión [mm]	Moldeado por iny. externo Costo por pieza USD	SAF H350 Costo por pieza USD	Ahorro	Volumen total de producción para el punto de equilibrio	Número máximo de piezas por construcción
	Guía de cable clip	15x17x49	USD 2,35 5.000 piezas/año	USD 2,19	7 %	19.900 piezas	1.020
	Soporte	60x55x55	USD 9,40 500 piezas/año	USD 4,10	56 %	6.536 piezas	171
	Conector electrónico	80x80x52	USD 119,48 50 piezas/año	USD 30,61	74 %	820 piezas	30

Hay muchos factores a considerar en la ecuación de costo por pieza: Están las actividades de producción (máquinas, energía, costos de materiales, mano de obra, posprocesamiento, etc.). Pero también, las consideraciones adicionales de distribución, envío, almacenamiento y almacenaje.

### 4. Iteraciones

Otra consideración que vale la pena señalar: ¿Habrá iteraciones de productos y, por lo tanto, cambios de diseño? Esta es otra área

donde las tecnologías de impresión 3D ofrecen una ventaja significativa para la producción en curso, y donde el moldeado por inyección puede ser restrictivo. La manufactura con tecnologías de impresión 3D permite un enfoque continuo e iterativo. Los cambios se pueden realizar en cualquier momento con pocas o ninguna implicaciones de costos. Una vez que se ha encargado una herramienta de molde para un producto o pieza concretos, está prácticamente tallado en piedra o, al menos, en acero. Modificarlo es casi imposible, además de ser muy caro.

### 5. Materiales

Las tecnologías de producción industrial requieren la disponibilidad de materiales poliméricos que proporcionen las propiedades adecuadas para la aplicación seleccionada. Los materiales poliméricos más utilizados también están disponibles para los procesos de impresión 3D: piense en termoplásticos como PA 11, PA12 y nylon relleno de vidrio y carbono, así como fotopolímeros o termoestables.

Sin embargo, a pesar de los importantes desarrollos en materiales especiales de grado de producción para la impresión 3D, la paleta de opciones de materiales sigue siendo más pequeña para la impresión 3D en comparación con las miles de opciones disponibles para el moldeo por inyección.

A medida que los fabricantes continúan descubriendo los beneficios de la impresión 3D para aplicaciones de manufactura, las empresas de materiales continúan invirtiendo fuertemente en el desarrollo de materiales

más "funcionales", tanto termoestables de fotopolímeros como termoplásticos en polvo y filamentos. Si bien muchos materiales de alto rendimiento se centran en mejorar las propiedades mecánicas, ahora estamos empezando a ver funcionalidades adicionales que se agregan; como resistencia a la intemperie, ESD (descarga electrostática), FR (retardante de llama), FST (llama, humo, toxicidad), dieléctrico de baja pérdida, contacto con alimentos y grado médico. Estos materiales de manufactura aditiva de próxima generación están claramente

dirigidos a abordar piezas de uso final que necesitan una funcionalidad específica para aplicaciones específicas.

Este viaje evolutivo de estos materiales termoplásticos y fotopoliméricos MA es paralelo a la evolución de los termoplásticos MI, que en un momento se encontraban en un estado similar, ofreciendo una paleta de materiales básicos que creció a través de la especialización, una aplicación a la vez, hasta la amplia gama de opciones disponibles en la actualidad.



Este conducto de aire forma parte de un sistema HVAC automotriz, impreso con tecnología SAF™. Tradicionalmente, una pieza como esta podría moldearse en dos mitades y ensamblarse. Con la tecnología SAF, las mitades se pueden producir como una sola pieza, lo que reduce el ensamblaje posterior al proceso y los puntos de falla.

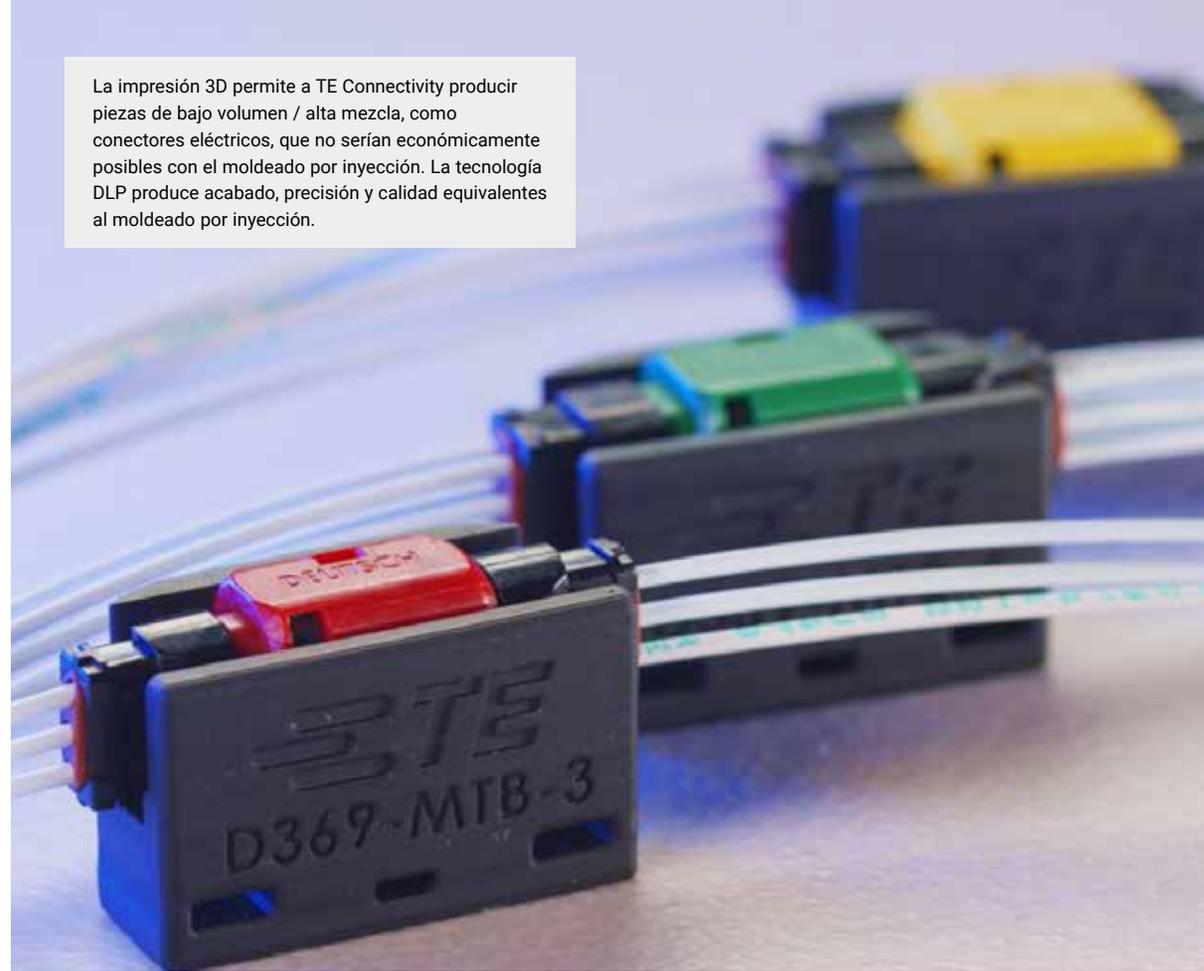
## No necesariamente o uno o el otro

Así que, así está la cosa: Mientras que la impresión 3D puede proporcionar una alternativa viable, eficiente y rentable al moldeo por inyección para algunas aplicaciones; también puede actuar en un papel de apoyo para el moldeo por inyección. Hay formas en que estas dos tecnologías se cruzan de una manera realmente útil que puede reducir significativamente el tiempo y los costos.

Al principio, establecimos que la impresión 3D sigue siendo una herramienta vital para el prototipado. También puede desempeñar

un papel vital en el proceso de moldeo por inyección de extremo a extremo de varias otras maneras clave. Los prototipos son una constante, para desarrollar las piezas en términos de forma y función, así como de capacidad de manufactura. Sin embargo, más allá del prototipado, la impresión 3D también puede cumplir una función de herramienta puente para el moldeo por inyección, mediante la cual se puede utilizar una herramienta intermedia (producida de forma rápida y económica con la manufactura aditiva) para adaptar, optimizar y probar

La impresión 3D permite a TE Connectivity producir piezas de bajo volumen / alta mezcla, como conectores eléctricos, que no serían económicamente posibles con el moldeo por inyección. La tecnología DLP produce acabado, precisión y calidad equivalentes al moldeo por inyección.



el proceso antes de comprometerse con la herramienta final (mucho más cara). Además, las capacidades de los sistemas de manufactura aditiva de metal significan que la impresión 3D también se puede utilizar para producir las herramientas de molde, especialmente si se requieren herramientas complejas de múltiples cavidades. Los materiales de acero para herramientas e incluso algunos materiales metálicos más avanzados ahora se han calificado para su uso con una serie de sistemas aditivos.

Esta cubierta típica del sensor de lluvia automotriz fue impresa por la impresora 3D H350™ y creada con tecnología SAF™. Esta pieza tiene un bajo costo por pieza, basado en 1000 piezas, en comparación con el moldeado por inyección.



## En resumen

Las tecnologías de impresión 3D, en términos de habilidades y capacidad, han demostrado que han hecho la transición de los procesos de prototipado a los de manufactura. Este es un cambio vital para las aplicaciones de manufactura en las que la impresión 3D puede ser más eficiente y rentable. Sin embargo, es igual de importante afirmar que la impresión 3D sigue siendo un proceso realmente útil para aplicaciones de prototipado y herramientas.

Los fabricantes buscan constantemente gestionar los costes a medida que se enfrentan a presiones y competencia cada vez mayores. El propósito de este documento es proporcionar una idea de cómo se puede lograr esto considerando una variedad de opciones.

