



# HexFlow® RTM6/RTM6-2

Recomendaciones de seguridad y procesamiento para  
inyección e infusión

Todos los usuarios potenciales de las resinas **RTM6** y **RTM6-2** deberían seguir estas recomendaciones, junto con la Ficha de Seguridad y la Ficha de Datos Técnicos correspondientes.

Cada usuario debería evaluar la aplicación de estas recomendaciones y productos a sus propios equipos, procesos y usos previstos. Lo aconsejable es realizar pruebas a gran escala utilizando el equipo en cuestión antes de proceder a la producción comercial.

Los sistemas de resina epoxi **HexFlow®** y **HiFlow®** son perfectos para el moldeo líquido de compuestos (LCM) gracias a su baja viscosidad una vez se calientan a la temperatura de proceso. Esta baja viscosidad es la que permite impregnar el refuerzo. El calentamiento, no obstante, conlleva un riesgo asociado a la estabilidad térmica de las resinas reactivas y podría desencadenar una reacción exotérmica descontrolada si no se maneja adecuadamente.

Sin embargo, es posible procesar la resina con seguridad si se siguen estrictamente las directrices de seguridad y procesamiento descritas en este documento.

Existen varias tecnologías de procesamiento LCM diferentes para fabricar piezas de composites y en esta guía se revisan las más habituales. Cada proceso comporta sus propios riesgos de seguridad, por lo que las recomendaciones dependerán de la tecnología considerada.



# HexFlow® RTM6/RTM6-2

## Recomendaciones de seguridad y procesamiento

Las resinas epoxi RTM6 y RTM6-2 tienen un potencial exotérmico cuando se calientan durante un período de tiempo prolongado. No obstante, el cliente puede procesar RTM6 y RTM6-2 con seguridad controlando la temperatura y el tiempo de calentamiento, e incorporando las siguientes directrices a la evaluación de riesgos de sus procesos de inyección o infusión.

### **RTM6 y RTM6-2 – Recomendaciones generales para una manipulación segura y contingencias para los planes de emergencia**

#### **Procedimientos:**

- Completar una evaluación de riesgos formal por escrito específica para todo equipo en el que se emplee RTM6 y RTM6-2 a granel y se aplique calor. Para asegurarse de que la evaluación sea exhaustiva, deberían evaluarse también los riesgos de los procedimientos de limpieza.
- Documentar todo el proceso, incluidos los planes de emergencia y las instrucciones para el operador.
- Formar adecuadamente a los operadores en todos los procedimientos operativos y de emergencia asociados con el uso del equipo.
- El equipo deberá estar atendido por personal capacitado durante todas las operaciones, incluidas la carga de la resina, la infiltración, la comprobación de las trampas de salida de la resina, la decantación del exceso de resina y la limpieza.
- Llevar a cabo un mantenimiento preventivo periódico para asegurarse de que los controles de temperatura, alarmas, etc. funcionen correctamente.

#### **Procedimientos de emergencia:**

A fin de gestionar los fallos del agitador o los aumentos de temperatura, hay que implementar un plan de contingencia con instrucciones para la retirada segura de la resina caliente del recipiente de mezcla o de cualquier equipo. Por lo general, el procedimiento de emergencia habrá de incluir los siguientes elementos:

- Una alarma que alerte al operador si el elemento mezclador o agitador se detiene o si la temperatura sobrepasa el valor máximo establecido.
- Procedimientos para que, en caso de sobrecalentamiento o fallo del agitador, se pueda retirar rápidamente la resina caliente del equipo y transferirla a bandejas metálicas poco profundas que permitan un enfriamiento rápido. Para acelerar el enfriamiento, se pueden colocar las bandejas metálicas sobre una unidad móvil, como un palé, que permita su traslado al exterior para que la resina se enfrie al aire.
- Durante la decantación de emergencia hay riesgo de salpicaduras de resina caliente debido a su baja viscosidad. Puede evitarse que entre en contacto directo con el operador con equipos de protección individual (EPI) adecuados, como una pantalla facial con una cubierta que proteja también el cuello y guantes largos. Esto debería incluirse en la evaluación de EPI de las instalaciones y el programa asociado.
- Tanto los EPI como los equipos de emergencia tienen que estar disponibles en la zona de trabajo, fácilmente accesibles y listos para usar en caso de emergencia.

#### **Exposición del operador a productos químicos:**

- RTM6 y RTM6-2 contienen resinas epoxi que pueden provocar sensibilización cutánea ya sea por contacto directo con la resina o con los vapores generados por el material caliente.

## **Equipo de protección individual**

- En relación con los EPI, conviene efectuar una evaluación de riesgos específica por tarea para determinar la ropa y los materiales de protección adecuados que puedan ser necesarios. La recomendación general es usar batas de manga larga, guantes de caucho natural o nitrilo y gafas de seguridad o pantalla facial para la manipulación de resina y para las tareas de limpieza de los equipos usados en la manipulación de las resinas RTM6 o RTM6-2.

## **Controles de ingeniería**

- En las operaciones de procesamiento y limpieza, cuando se caliente la resina por encima de la temperatura ambiente, debería usarse ventilación local de extracción para evitar que el operador se vea expuesto a los vapores del proceso. Consulte con un ingeniero de ventilación para determinar el método de control de la fuente apropiado a fin de minimizar o eliminar la posible exposición a vapores o gases.
- En las operaciones de desgasificación, hay que ventilar las bombas de vacío lejos del área de trabajo (preferiblemente en el exterior) y de los trabajadores, de conformidad con los requisitos medioambientales y las condiciones operativas locales.
- Es necesario implementar medidas de protección para evitar la exposición del operador a los vapores y gases generados durante el proceso de curado.

## **Diseño de equipos y procesos:**

Se puede recurrir a varias tecnologías de proceso diferentes para la fabricación de piezas LCM. Estas directrices ofrecen recomendaciones genéricas para las siguientes tecnologías y pasos de procesamiento:

- Calentamiento en horno de las latas de 10 o 25 kg para reducir la viscosidad de la resina antes de su transferencia al equipo de RTM/LRI.
- Proceso RTM convencional en el que la resina se mantiene en un depósito capaz de soportar presiones de inyección de hasta 7 bar y una capacidad máxima de 50 kg.
- Proceso de resina RTM convencional, igual que el anterior, pero con más de 50 kg de resina, lo que supone riesgos adicionales.
- Equipos de inyección por pistón con una cilindrada de hasta 25 kg y presiones de inyección de hasta 30 bar.
- Equipos de mezclado de resinas bicomponentes con recipientes de mezcla de hasta 50 kg de capacidad.
- Equipos de mezclado de resinas bicomponentes en los que la mezcla se realiza en línea con un mezclador estático (baja presión) o mediante un sistema de impacto (alta presión) denominado normalmente RTM de alta presión (HP-RTM).
- En todo caso, el sistema de medición y control de la temperatura ha de contar con una alarma para evitar que se alcance una temperatura problemática.
- Los recipientes de mezclado e inyección deberán agitarse continuamente para garantizar una buena distribución de la temperatura y evitar todo punto caliente.
- Las latas de resina y los equipos de tipo pistón normalmente no se agitan, por lo que hay que tener en cuenta el riesgo adicional que esto supone en la evaluación de riesgos y en las recomendaciones del proceso.
- En el proceso de diseño deberá incorporarse un sistema de alivio de presión dimensionado para una descarga de dos fases de acuerdo con métodos reconocidos a nivel internacional, como los del Instituto de Diseño para Sistemas de Alivio de Emergencia (DIERS), que especifica métodos de dimensionamiento basados en los peores escenarios identificados a través de un análisis adecuado de los riesgos del proceso.



# HexFlow® RTM6

## Recomendaciones de seguridad y procesamiento

### RTM6

Pasos habituales del proceso:

#### 1<sup>er</sup> paso – Preacondicionamiento y precalentamiento

El RTM6 previamente almacenado a -18°C requiere un periodo de preacondicionamiento a temperatura ambiente, detallado a continuación, antes de pasar a la fase de precalentamiento.

Es necesario precalentar en un horno las latas de 10 o 25 kg de RTM6 para reducir la viscosidad de la resina y poder transferirla al equipo de procesamiento. Los parámetros críticos de control a considerar son la temperatura del horno y la duración del precalentamiento. Para el horno, se considera adecuada una temperatura de 50-70 °C a fin de reducir la viscosidad lo suficiente para facilitar su transferencia al depósito de resina. El tiempo en el horno dependerá de su diseño, pero no deberá exceder nunca las 12 horas.

#### 2<sup>o</sup> paso – Transferencia y retención en equipos de procesamiento antes de la infiltración

Hexcel recomienda encarecidamente limitar el tamaño del depósito de inyección de resina a un máximo de 50 kg. Con contenedores más grandes, el riesgo de reacción exotérmica es mucho mayor y, llegado el caso, esta sería más grave. En los casos en los que se necesiten más de 50 kg de resina, es preferible usar en paralelo varios recipientes a de 50 kg. Otra opción, es utilizar un sistema que vaya llenando el depósito de 50 kg bombeando la resina de bidones de RTM6 independientes. Esto reduce el riesgo de reacción exotérmica derivado de mantener grandes cantidades de resina a temperaturas elevadas durante largos períodos de tiempo. El diseño del depósito de resina ha de incorporar un dispositivo agitador para garantizar una distribución uniforme del calor y que no se generen puntos calientes.

En el caso de que no resulte práctico usar varios recipientes y se opte por un solo recipiente con más de 50 kg de resina, habrá que evaluar e incorporar al proceso los riesgos adicionales que esto conlleva. Si planea desviarse de las directrices proporcionadas en este documento, le recomendamos encarecidamente que contrate a un consultor de seguridad antes de usar el RTM6 para que evalúe los parámetros propuestos para el proceso y recomiende las condiciones seguras de operación y procesamiento.

De necesitar más de 50 kg de RTM6, le recomendamos que considere emplear RTM6-2 con un proceso de mezclado en línea. Así se minimiza la cantidad de resina mezclada y, por consiguiente, se reduce significativamente tanto el riesgo de reacciones exotérmicas como su gravedad. Puede ponerse en contacto con el Servicio de Asistencia Técnica de Hexcel para un mayor asesoramiento.

Visite [hexcel.com/Contact/](http://hexcel.com/Contact/) para obtener más información.

Las distintas tecnologías de procesamiento y cantidades de material dan lugar a diferentes condiciones de transferencia de calor que dictan distintas recomendaciones para los tiempos de retención y de trabajo seguros.

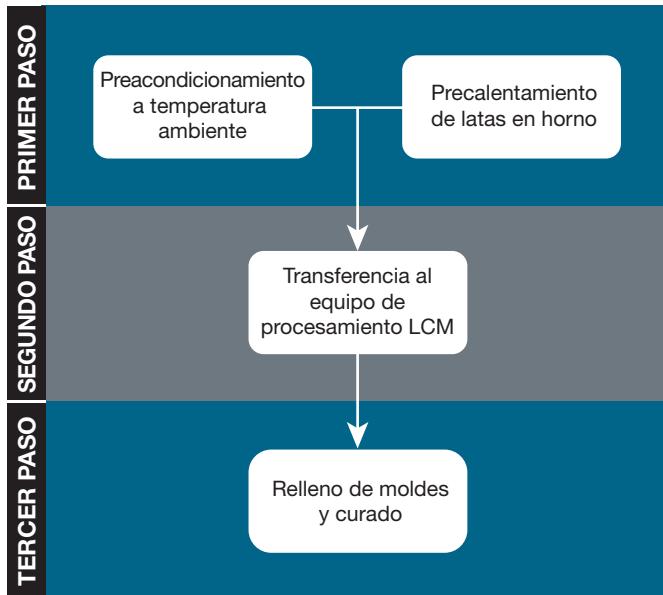


Figura 1 - Pasos típicos de procesamiento RTM6

En la Tabla 1 puede ver las temperaturas de retención recomendadas. Estas temperaturas proporcionarán una viscosidad lo suficientemente baja para el proceso, junto con un tiempo de trabajo seguro de hasta 12 horas. No debe sobrepasarse nunca el tiempo máximo de trabajo. En caso de que se opte por el proceso RTM, si falla el agitador del depósito de resina, el tiempo máximo de trabajo se reduce significativamente, por lo que hay que tomar medidas de emergencia.

Process	Temperatura de calentamiento recomendada (°C) para un máximo de 12 horas
Lata de 10 o 25 kg en horno	50 - 70
Inyector de pistón (< 25 kg) hasta 30 bar de presión	60 - 70
Depósito de resina RTM convencional (< 50 kg) con agitador, hasta 7 bar de presión	70 - 80
Depósito de resina RTM convencional (> 50 kg) con agitador, hasta 7 bar de presión	≤ 60

Tabla 1 - Tiempos recomendados de calentamiento para diferentes procesos

Tanto el tiempo de trabajo seguro de 12 horas como las temperaturas de calentamiento recomendadas se han calculado a partir de los datos de estabilidad térmica, los modelos cinéticos y los modelos de transferencia de calor. Estos datos están disponibles bajo petición para respaldar las evaluaciones de riesgo del propio cliente.

Cabe señalar que el tiempo de trabajo seguro incluye todos los pasos del proceso en los que se calienta el RTM6, incluidos el precalentamiento previo a la transferencia de la resina al equipo de procesamiento y el tiempo de retención en este. Esta guía presupone que el RTM6 no se ha calentado previamente y que no ha vencido su vida útil. Dado que la resina tiene memoria térmica, un calentamiento y enfriamiento repetido reducirá el tiempo de exotermia, comprometiendo el tiempo de trabajo seguro. **Por consiguiente, si se va a usar resina previamente calentada, hay que tener en cuenta las temperaturas y los tiempos de calentamiento previos para que el total de las operaciones de calentamiento no exceder las 12 horas de trabajo seguro.**

### 3er paso – Relleno de moldes y curado

Durante el llenado del molde y el curado, el riesgo de reacción descontrolada se reduce, pero no desaparece del todo. La resina normalmente se esparce por toda el área del molde, que ofrece una buena conductividad térmica y disipa el calor. Sin embargo, cuando la sección transversal es más gruesa o con refuerzos aislantes como la fibra de vidrio, sigue habiendo riesgo de reacción incontrolada. Hay que prestar especial atención al seleccionar un ciclo de curado adecuado a la geometría de la pieza a fabricar. Es importante evaluar y dimensionar con cuidado las áreas en las que se acumula más resina, como los canales de entrada y de alimentación. Deje que el Servicio de Asistencia Técnica de Hexcel le asesore sobre los ciclos de curado.

Para el procesamiento isotérmico, en el que el molde se mantiene a la temperatura de curado durante la inyección de resina, hay que realizar una evaluación basada en el diseño de la pieza a fin de determinar el riesgo de fuga térmica en el molde o en la trampa de resina. Puede ponerse en contacto con el Servicio de Asistencia Técnica de Hexcel para un mayor asesoramiento.



# HexFlow® RTM6-2

## Recomendaciones de seguridad y procesamiento

### RTM6-2

Pasos habituales del proceso:

#### 1º - Pre-acondicionamiento y precalentamiento

RTM6-2 se puede suministrar en latas, Parte A (27 kg) y Parte B (19 kg) o en bidones de 200 kg, Parte A (223 kg) y Parte B (155 kg). Los componentes previamente almacenados a +5 °C requieren un periodo de preacondicionamiento a temperatura ambiente de 48 horas antes de pasar a la fase de precalentamiento descrita a continuación.

Es necesario precalentar en un horno las partes A y B del RTM6-2 para reducir su viscosidad y poder transferirlas a los depósitos de retención o de mezcla para la fase de mezclado y desgasificación. Para el horno, se considera adecuada una temperatura de ≤ 90 °C para ambas Partes, A y B, durante un máximo de 24 horas a fin de reducir la viscosidad lo suficiente para la transferencia.

#### 2º paso - Mezcla y desgasificación

Es necesario mezclar y desgasificar las Partes A y B de RTM6-2.

Cuando se usen tanques para retener las Partes A y B por separado y para su posterior desgasificación, hay que seguir estrictamente las recomendaciones de temperatura del tanque de ≤ 90 °C, para ambas partes, y un periodo máximo de retención de 24 horas.

Para el mezclado y posterior desgasificación de un lote en un recipiente, con 20 minutos a una temperatura máxima de 80 °C debería bastar para obtener una mezcla homogénea. Hexcel recomienda encarecidamente limitar el volumen de mezcla a 50 kg.

Para cantidades superiores a 50 kg, se recomienda optar por un sistema de mezclado en línea a fin de evitar la necesidad de mantener resina mezclada a granel. Puede ser un sistema compuesto por bombas de engranajes y un mezclador estático o un equipo de HP-RTM que recurra al mezclado por impacto a alta presión.

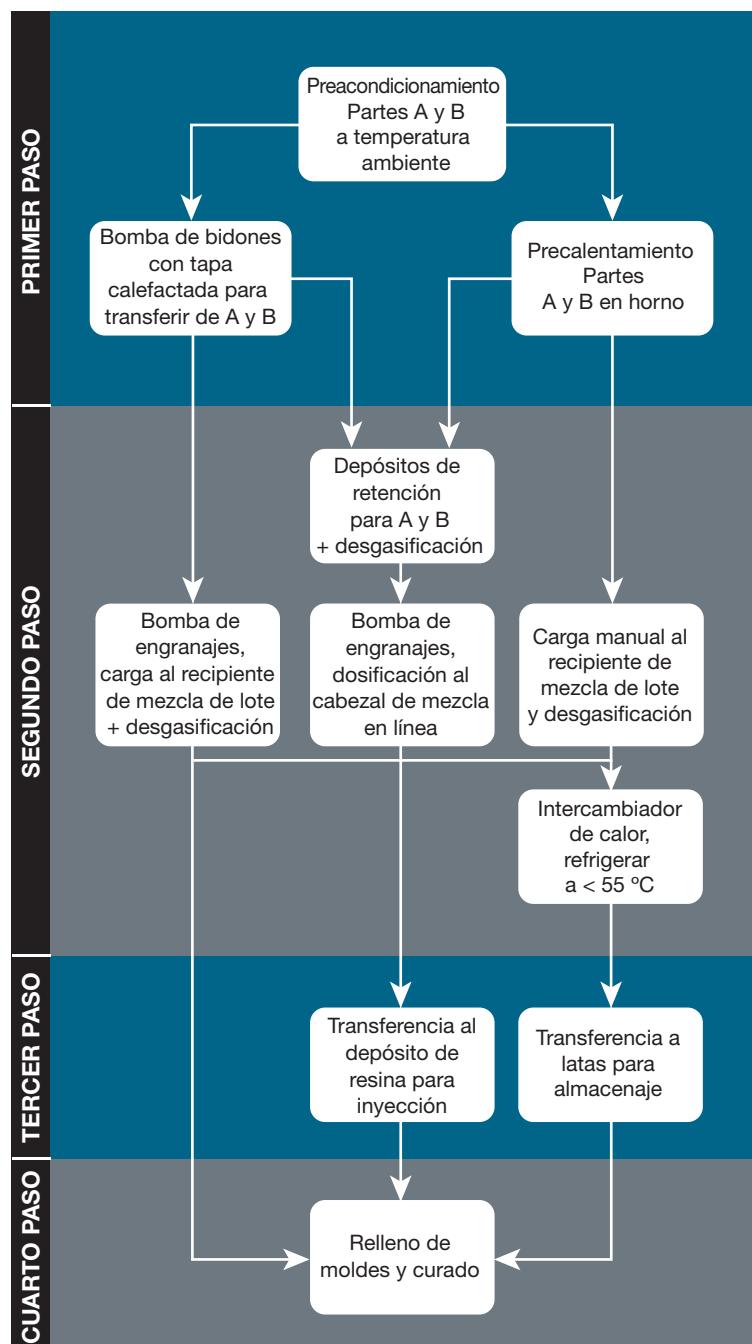


Figura 2 - Pasos típicos de procesamiento RTM6-2

### **3er paso - Transferencia y conservación de RTM6-2 en depósitos antes de la infiltración**

Hexcel recomienda encarecidamente limitar el tamaño del depósito de inyección de resina a un máximo de 50 kg. Con contenedores más grandes, el riesgo de reacción exotérmica es mucho mayor y, llegado el caso, esta sería más grave. En los casos en los que se necesiten más de 50 kg de resina, es aconsejable usar un sistema para llenar el depósito con un equipo de mezcla en línea.

Esto reduce el riesgo de reacción exotérmica derivado de mantener grandes cantidades de resina a temperaturas elevadas durante largos períodos de tiempo.

Visite [Puede ponerse en contacto con el Servicio de Asistencia Técnica de Hexcel para un mayor asesoramiento. En la Tabla 2 puede ver las temperaturas de retención recomendadas. Estas temperaturas ofrecen una viscosidad lo suficientemente baja para el proceso, junto con un tiempo de trabajo seguro de hasta 12 horas. No debe sobrepasarse el tiempo máximo de trabajo seguro.](http://hexcel.com>Contact/</a> para obtener más información.</p></div><div data-bbox=)

Process	Temperatura de calentamiento recomendada (°C) para un máximo de 12 horas
Lata de 10 o 25 kg en horno	50 - 70
Lata de 10 o 25 kg en horno	60 - 70
Depósito de resina RTM convencional (< 50 kg) con agitador, hasta 7 bar de presión	70 - 80

Tabla 2 - Tiempos recomendados de calentamiento para diferentes procesos

Tanto el tiempo de trabajo seguro de 12 horas como las temperaturas de calentamiento recomendadas se han calculado a partir de los datos de estabilidad térmica, los modelos cinéticos y los modelos de transferencia de calor. Estos datos están disponibles bajo petición para respaldar las evaluaciones de riesgo del propio cliente.

Cabe señalar que el tiempo de trabajo seguro incluye todos los pasos del proceso en los que se calienta el RTM6, incluidos el precalentamiento previo a la transferencia de la resina al equipo de procesamiento y el tiempo de retención en este. Esta guía presupone que el RTM6 no se ha calentado previamente y que no ha vencido su vida útil. Dado que la resina tiene memoria térmica, un calentamiento y enfriamiento repetido reducirá el tiempo de exotermia, comprometiendo el tiempo de trabajo seguro. **Por consiguiente, si se va a usar resina previamente calentada, hay que tener en cuenta las temperaturas y los tiempos de calentamiento previos para que el total de las operaciones de calentamiento no exceder las 12 horas de trabajo seguro.**

En caso de inyección directa al molde, no se almacena resina a granel y se puede usar una temperatura de 80 °C en la etapa de mezcla, ya sea con mezclador estático o con cabezal de mezcla por impacto (HP-RTM).

### **4º paso – Relleno de moldes y curado**

Durante el llenado del molde y el curado, el riesgo de reacción descontrolada se reduce, pero no desaparece del todo. La resina normalmente se esparce por toda el área del molde, que ofrece una buena conductividad térmica y disipa el calor. Sin embargo, cuando la sección transversal es más gruesa o con refuerzos aislantes como la fibra de vidrio, sigue habiendo riesgo de reacción incontrolada. Hay que tener especial cuidado al ajustar los ciclos de curado a la geometría de la pieza a fabricar.

Es importante evaluar y dimensionar con cuidado las áreas en las que se acumula más resina, como los canales de entrada y de alimentación. Deje que el Servicio de Asistencia Técnica de Hexcel le asesore sobre los ciclos de curado.

Para el proceso isotérmico, en el que el molde se mantiene a la temperatura de curado durante la inyección de resina, habría que realizar una evaluación basada en el diseño de la pieza a fin de determinar si hay riesgo de fuga térmica en el molde o la trampa de resina. Puede ponerse en contacto con el Servicio de Asistencia Técnica de Hexcel para un mayor asesoramiento.

### **Documentación complementaria**

Recomendamos a los usuarios que también tengan en cuenta la Ficha de Datos de Seguridad y la Ficha Técnica de estos productos. Los documentos están disponibles en la web de Hexcel o puede solicitarlos al Servicio de Asistencia Técnica de Hexcel, que estará encantado de resolver cualquier duda o cuestión. Toda la información ofrecida se ha preparado con una competencia y cuidado razonables, pero no asumimos ninguna responsabilidad. Cada usuario deberá evaluar por su cuenta la idoneidad de los productos para sus propios equipos, procesos y propósitos.

# Familia de productos Hexcel

	<b>Fibra de carbono HexTow®</b>		<b>Resinas HexFlow®</b>		<b>Composite de moldeo HexMC®-iMolding</b>
	<b>Refuerzos HexForce®</b>		<b>Laminados &amp; perfiles pultruidos Polyspeed®</b>		<b>Núcleo de nido de abeja HexWeb®</b>
	<b>Refuerzos avanzados HiTape®</b>		<b>Poliuretano Modipur®</b>		<b>Núcleo de ingeniería HexWeb®</b>
	<b>Prepregs HexPly®</b>		<b>Adhesivos HexBond®</b>		<b>Materiales para herramientas HexTool®</b>
	<b>Refuerzos multiaxiales HiMax®</b>		<b>Fabricación aditiva HexAM®</b>		

## Para más información

Hexcel es un proveedor líder mundial de materiales compuestos para los mercados aeronáutico e industrial. Nuestra completa gama incluye:

- Fibras de carbono HexTow®
- Refuerzos HexForce®
- Refuerzos multiaxiales HiMax®
- Prepregs HexPly®
- Compuestos de moldeo HexMC®-i
- Resinas RTM HexFlow®
- Adhesivos HexBond®
- Materiales para herramientas HexTOOL®
- Nidos de abeja HexWeb®
- Nidos de abeja atenuantes del sonido Acousti-Cap®
- Núcleo de ingeniería
- Productos de ingeniería
- Laminados & perfiles pultruidos Polyspeed®
- Fabricación aditiva HexAM®

Para presupuestos, pedidos e información sobre productos en EE. UU., llame sin cargo al 1-866-601-5430. Para una lista completa de direcciones y números de teléfono de las demás oficinas de ventas de todo el mundo, visite:

<https://www.hexcel.com/contact>

**©2024 Hexcel Corporation** – Todos los derechos reservados. Hexcel Corporation y sus subsidiarias (“Hexcel”) creen que los datos técnicos y demás información proporcionada en este documento eran, en esencia, precisos a la fecha de edición. Hexcel se reserva el derecho de actualizar, revisar o modificar dichos datos técnicos e información en cualquier momento. Todos los valores de rendimiento proporcionados se consideran representativos, pero no son, ni deben ser, un sustituto de las pruebas de idoneidad específicas de nuestros productos para un propósito particular. **Hexcel no ofrece ninguna garantía, ni expresa ni implícita, ni de comerciabilidad o idoneidad para un propósito particular ni de ningún otro tipo, y no se hace responsable ante ninguna reclamación derivada o relacionada con el uso o la confianza depositada en cualesquiera de los datos técnicos o información contenida en este documento.**