

# Producción BMW i8

## Índice.



1. Concepto de producción de BMW i.....	2
2. Módulo Life: integración total de la producción de CFRP en el proceso de fabricación.....	3
3. Peso ligero y resistente: capa exterior termoplástica.....	5
4. Módulo Drive: construcción ligera para las partes estructurales de la suspensión, el motor eléctrico y la batería de alto voltaje.....	6
5. Procesos paralelos: ensamble.....	8

# 1. Concepto de producción de BMW i.



Las tecnologías innovadoras de fabricación y la aplicación de nuevos materiales caracterizan el proceso de producción de los vehículos BMW i. Su producción ocupa el lugar inicial de una cadena de valor que está completamente alineada con los criterios de sustentabilidad. Desde la producción de materias primas hasta las operaciones de vehículo de eficiencia energética y el reciclado como último paso, el enfoque elegido contribuye considerablemente a la favorable evaluación del ciclo de vida total de los vehículos deportivos híbridos BMW i8. Tanto en el desarrollo como en la producción del BMW i8, la gran experiencia tecnológica de BMW Group sale a la luz.

El liderazgo global de BMW Group en cuanto a la ingeniería automotriz se demuestra, entre otras cosas, en la producción industrial de componentes hechos de polímeros reforzados con fibras de carbono (CFRP). El desarrollo y la producción tanto del motor de combustión como del motor eléctrico de los vehículos deportivos híbridos los realiza también por completo BMW Group. La innovadora arquitectura del BMW i8 consta de dos elementos: el módulo Life, en el que el habitáculo de pasajeros está hecho de polímeros reforzado con fibra de carbono (CFRP), y el módulo Drive de aluminio, el cual incorpora la tecnología de la transmisión y de la suspensión.

El concepto LifeDrive y el uso de CFRP permiten que se reduzcan los tiempos de producción a la mitad, en comparación de los requeridos para la construcción de un vehículo equivalente en líneas convencionales. El proceso requiere de una menor inversión, ya que los altos costos requeridos para un taller de prensado y un taller de pintura convencionales ya no son un problema, y los módulos Life y Drive pueden fabricarse de manera conjunta.

La red de producción de BMW i consta de una planta en Moses Lake, en el estado de Washington en Estados Unidos, para la producción de fibra de carbono y de una planta en Wackersdorf para el procesamiento en láminas de fibra de carbono. Ambas instalaciones operan a cargo de SGL Automotive Carbon Fibers (ACF), una empresa conjunta establecida por BMW Group y SGL Group. A éstas se les unen las plantas de BMW Group en Dingolfing, Landshut y Leipzig en Alemania.

## 2. Módulo Life: integración total de la producción de CFRP en el proceso de fabricación.



Cuando se trata del BMW i8, BMW Group cuenta con muchos años de experiencia trabajando con polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP). La producción del habitáculo de pasajeros de CFRP para el vehículo deportivo híbrido está completamente integrada en el proceso de fabricación del vehículo BMW i.

### **Producción de fibra de carbono que utiliza energía hidroeléctrica / Moses Lake, WA/EE.UU.**

La planta de fibra de carbono en Moses Lake (EE.UU.) produce fibras de carbono a partir de un precursor de fibra textil termoplástica basada en poliacrilonitrilo. Un proceso complejo de fases múltiples, eventualmente da como resultado una fibra que consta de carbono prácticamente puro con una estructura de grafito estable. Esta fibra tiene un grosor de tan solo siete micras (0.007 milímetros). En comparación, un cabello humano tiene un diámetro de 50 micras. Para aplicaciones automotrices, aproximadamente 50,000 de estos filamentos individuales se atan y se enrollan en bobinas, antes del procesamiento posterior. Incluso en este primer paso, la producción de fibras de carbono en la planta de Moses Lake, WA, la energía necesaria para la producción se obtiene por completo de fuentes energéticas totalmente renovables.

### **Procesamiento en láminas de fibra de carbono en Wackersdorf.**

Las fibras producidas en Moses Lake se envían a Wackersdorf Innovation Park para su procesamiento industrial en láminas ligeras de fibra de carbono. Las láminas de carbono de diferentes alineaciones de fibra se acumulan en pilas hechas de varias capas y se siguen varias líneas, antes de cortarlas para darles forma.

### **Producción de componentes de CFRP en Landshut y Leipzig.**

Las pilas que se obtienen en Wackersdorf se convierten en componentes de carrocería de CFRP en las instalaciones de innovación y producción en las plantas de BMW de Landshut y Leipzig. Las partes de la carrocería para el BMW i8 se fabrican en Landshut, mientras que en Leipzig se producen los componentes para el BMW i3.

Se utiliza un molde prefabricado para dar a las pilas de fibra de carbono prefabricadas una forma tridimensional y estable. Varios de estos blancos prefabricados pueden unirse para formar un componente más grande. De esta manera, puede utilizarse el CFRP, por ejemplo, para producir componentes de carrocería con una gran área de superficie que podría ser difícil – o significativamente más cara – de fabricar a partir



de aluminio o placa de acero. Después de la prefabricación y de la unión de componentes prefabricados, continua la siguiente etapa del proceso: inyección de resina de alta presión utilizando el Moldeo por Transferencia de Resinas (RTM). En este paso, se inyecta resina líquida en las prefabricaciones mediante alta presión. Una vez que se unen las fibras y la resina, en el proceso de endurecimiento subsecuente, el material adquiere la rigidez fundamental para sus impresionantes cualidades.

El prensado de CFRP se realiza bajo parámetros de tiempo, presión y temperatura desarrollados de manera especial, definidos de manera precisa hasta que la resina y el endurecedor se entrecruzan por completo y hasta que la resina se endurece. Este proceso automatizado de fabricación elimina la necesidad de un largo proceso de endurecimiento en un horno, mismo que se utilizaría normalmente en los procesos manuales de producción de CFRP.

El proceso de CFRP ya no puede ser comparable con la fabricación convencional de chapa de aluminio. Esta fabricación industrializada de CFRP es extremadamente económica y hace por primera vez, que la producción de grandes componentes compuestos de CFRP para la industria automotriz sea una propuesta viable.

Incluso los elementos de construcción complejos con varios elementos estructurales ya integrados, como un marco lateral completo para el módulo Life del BMW i8, se producen en las instalaciones con un alto nivel de automatización. Entre las fases de procesamiento adicionales se encuentra el trabajo de acabado, como un corte preciso de contornos y la inserción de las aperturas restantes. Este trabajo se realiza utilizando un sistema de corte especial por chorro de agua y, posteriormente, las superficies de adhesión se tratan mediante granallado con arena antes del procesamiento posterior. Por contraste, un marco lateral de chapa de acero convencional tendría que construirse de manera sucesiva a partir de diferentes componentes interiores y exteriores.

### **Unión de los componentes de CFRP en el taller de Leipzig.**

Los componentes compuestos de CFRP se unen en el nuevo taller de Leipzig. Es aquí en donde toma forma la estructura básica del módulo Life para el BMW i3 y para el BMW i8. No existe interferencia en el proceso de enrollado ni surgen chispas de soldadura en el proceso de fabricación de una carrocería de CFRP. En lugar de eso, solo se utiliza la más reciente tecnología de unión, misma que es 100 por ciento automatizada. En este único proceso de ensamblaje desarrollado por BMW, los componentes individuales se posicionan en una línea de unión definida con precisión, cuyo fin es asegurar que la adhesión resultante sea lo más fuerte posible.

### 3. Peso ligero y resistente: capa exterior termoplástica.



La capa exterior del BMW i8 está hecha por completo de termoplástico; se produce en la planta de BMW de Landshut. El peso de las partes plásticas es de aproximadamente la mitad de las piezas de placa de acero. El polímero proporciona también protección exterior contra la corrosión y requiere menos energía para su fabricación. Asimismo, es resistente a daños menores.

La forma futurista del BMW i8 impulsó a los especialistas en el área de producción de Exteriores Plásticos, a alinear la tecnología de producción según corresponde. El tamaño de los componentes y el complejo idioma del diseño, combinado con los requerimientos del tamaño del vehículo, llevaron al desarrollo específico de modelo de los gránulos sintéticos; así como a una alineación de la producción, misma que se adapta específicamente para cumplir con los requerimientos del BMW i8. Por ejemplo, las facias se producen con sus recubrimientos de pinturas de tonalidades múltiples en instalaciones altamente especializadas. De esta manera, puede obtenerse una apariencia bicolor y, al mismo tiempo, el peso se optimiza de manera significativa. Contrario a los modelos convencionales, no se pinta la carrocería completa de los modelos BMW i en un proceso de varias etapas. En lugar de esto, las defensas y las partes frontales, traseras y laterales se pintan de manera individual, lo que resulta en la conservación de recursos. En el primer paso del procedimiento de pintura, las facias se pintan de negro. Posteriormente, los especialistas de pintura en la planta de Landshut cubren las partes del componente con cinta adhesiva, para asegurar la separación de los diferentes recubrimientos de pintura. Mediante un trabajo manual meticuloso y delicado, cubren las áreas que deben conservarse de negro. Posteriormente, la facia vuelve a entrar a las instalaciones de pintura, ahora para el segundo color, mismo que se aplica en todas las áreas que no están cubiertas con cinta adhesiva. Este proceso de pintura se realiza mediante instalaciones robóticas innovadoras y automatizadas. En la facia trasera, se logra un diseño tricolor gracias al montaje adicional de un componente pintado por separado; este color adicional provoca un efecto visual llamativo. Mientras que en el proceso convencional de pintura se recubre toda la carrocería de blanco como una sola pieza, el ensamblaje de partes pintadas por separado ofrece la posibilidad de crear efectos visuales muy especiales.

## 4. Módulo Drive: construcción ligera para las partes estructurales de la suspensión, el motor eléctrico y la batería de alto voltaje.



Las partes estructurales del módulo Drive de BMW i8 construidas en la planta de BMW de Dingolfing – el portador del eje delantero así como los módulos de los ejes delantero y trasero – consisten en láminas de aluminio y piezas de fundición de aluminio. Se desarrolló un concepto de instalaciones sin igual con robots de soldadura en un eje lineal móvil, con el fin de cumplir los desafíos relacionados con la construcción y para poder colocar el gran número de más de 800 juntas de soldadura con una longitud total de más de 50 metros. El uso de aluminio combina las ventajas de la construcción ligera con un buen efecto en caso de colisión y, por lo tanto, contribuye con la seguridad general de los modelos BMW i.

Otro módulo BMW i importante que se produce en Dingolfing es la batería de alto voltaje. El proceso de producción comienza con una prueba de 'comienzo de la línea', en las que las celdas de ion-litio suministradas de manera externa se someten a una revisión de desempeño inicial. Posteriormente, se retira el plasma de las celdas de la batería. Después de esto, las celdas individuales se sujetan en módulos, unidos y soldados mediante un proceso totalmente automatizado.

La gran experiencia de BMW se involucra en el embalaje y ensamblaje especiales de la batería. En total, el proceso de producción consta de 100 operaciones. Después de que las celdas de la batería se han embalado en módulos, comienza el proceso de ensamblaje. Los módulos se elevan uno por uno en una bandeja de aluminio, y posteriormente se conectan en series manualmente. La batería está diseñada de forma que los módulos individuales de la batería puedan cambiarse fácilmente con fines de reparación.

El diseño de la transmisión siempre ha sido un diferenciador clave de la marca BMW. Por consiguiente, BMW Group decidió desarrollar tanto el motor de combustión como el motor eléctrico para los vehículos deportivos híbridos de manera interna. El motor de gasolina de 3 cilindros con la tecnología BMW TwinPower Turbo (231 hp) se produce en la planta de motores de BMW en Hams Hall (Reino Unido).

El motor eléctrico del BMW i8 se produce en la planta de BMW de Landshut. BMW Group desarrolló el motor eléctrico de 131 hp y la electrónica de accionamiento de manera interna. Los componentes internos del motor constan de una cubierta interior, un estator y un rotor. El estator, que forma el núcleo interior del motor, consta de aproximadamente dos kilómetros de alambre de cobre. Lo que hace tan especial al motor de BMW i8 es que, a diferencia de otros motores eléctricos de la



misma clase de potencia, este motor es muy pequeño y compacto debido al embobinado del alambre de cobre configurado de manera especial. Esto da como resultado ahorros de peso y espacio. Antes de que se coloque el estator en la cubierta interior, recibe un ligero recubrimiento de resina. Posteriormente se procede al ensamble del estator, del rotor, de las cubiertas interior y exterior, una vez que la cubierta interior se haya calentado a una temperatura de aproximadamente 150 grados Celsius para que se expanda ligeramente. Esta tarea requiere de una precisión máxima; el estator y el rotor deben encajar perfectamente para asegurar que posteriormente el motor funcione adecuadamente.

## 5. Procesos paralelos: ensamble.



A diferencia de los vehículos con construcción integral de cubierta y estructura, la arquitectura horizontal LifeDrive consta de dos módulos separados e independientes. Como resultado, el taller de ensamble de Leipzig es el primero en la historia de BMW que cuenta con dos líneas de producción separadas y paralelas para el BMW i3 – una para el módulo Life y otra para el módulo Drive. Esto ha dado como resultado avances significativos en términos del diseño ergonómico de las estaciones de trabajo, lo que proporciona una accesibilidad óptima para todas las operaciones de ensamblaje.

Sin embargo, el BMW i8 se ensambla en una línea. Durante el ensamble del módulo Drive en Leipzig, la suspensión de aluminio se ajusta con la batería de alto voltaje. El módulo Drive se ajusta con las unidades de transmisión y cadena cinemática. Una vez que el portador del eje delantero – ensamblado previamente en Dingolfing – y las demás partes estructurales se hayan montado, el módulo Drive de BMW i8 está listo para pasar a la etapa final de ensamble.

El habitáculo de pasajeros de CFRP va del taller de prensado al ensamble en donde, se ajusta el equipo específico para cada cliente. Al mismo tiempo, los componentes del motor se ensamblan previamente en la línea de transmisión. Éste es el paso final antes del proceso de unión, durante el cual se “casan” la celda de pasajeros de CFRP y la suspensión de aluminio. Las dos unidades se unen mediante tornillos en cuatro puntos. Como resultado se obtiene rigidez y resistencia óptimas. Solo entonces se da al BMW i8 su cubierta exterior final. La línea de ensamble del BMW i8 consta de un total de 14 ciclos de trabajo. En un último paso, el vehículo deportivo ingresa al taller de acabado junto con el BMW i3 y los demás vehículos BMW construidos en Leipzig, en donde se realizan controles comprehensivos de calidad.

Con una duración de 20 horas, el tiempo total de procesamiento en el taller de prensado y en la línea de ensamblaje es de tan solo la mitad de lo que se requeriría en un proceso de producción convencional. Esto se debe a los procesos de ensamblaje paralelo y al hecho de que la estructura de CFRP consta de menos partes.